

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN DE INTEGRALE MOBILITEITSANALYSE

Onderzoek en afweging methodiek

12 maart 2021 – Definitieve versie



Managementsamenvatting	2
1 Inleiding	3
1.1 Vraagstelling	3
1.2 Doel methodiek	3
1.3 Aanpak	3
1.4 Leeswijzer	3
2 Gehanteerde gegevensbronnen	4
3 Toelichting methodiek	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Risicocijfers	6
3.3 Prognose aantal slachtoffers in toekomst	8
3.4 Berekening maatschappelijke kosten verkeersonveiligheid	9
4 Toepassing methodiek	10
5 Aanbevelingen	12
5.1 Optimalisatie methodiek	12
5.2 Breder gebruik methodiek	12
Bijlagen	13
Bijlage 1. Kaartbeelden	13
Bijlage 2. Methodiek correlatie- & regressie-analyse	26
Bijlage 3. Rekenregels VIND A- en N-wegen	32

MANAGEMENTSAMENVATTING

In 2021 wordt de Integrale Mobiliteitsanalyse 2021 (IMA-2021) gepubliceerd waarin de ontwikkeling van mobiliteit en bereikbaarheid op de lange termijn voor zowel het personen- als het goederenvervoer in kaart worden gebracht. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft de wens om hierin ook toekomstige verkeersveiligheidsknelpunten op het hoofdwegennet (HWN) in mee te nemen.

Hiertoe is in dit onderzoek een methodiek ontwikkeld waarbij op basis van gegevens over het

(toekomstige) wegontwerp en (toekomstige) verkeersintensiteiten door middel van 'backcasten' (met de methodiek een prognose over het verleden maken) een voorspelling van het toekomstig aantal ongevallen en slachtoffers kan worden gemaakt. Hiermee kan vervolgens een indeling van rijkswegen worden gemaakt waarmee inzicht ontstaat in wegen die relatief veel maatschappelijke kosten vanuit verkeersonveiligheid met zich meebrengen. De resultaten helpen zodoende bij de prioritering van wegen voor een lange termijn aanpak om de verkeersveiligheid te verbeteren.

1 INLEIDING

1.1 Vraagstelling

In 2021 wordt de Integrale Mobiliteitsanalyse 2021 (IMA-2021) gepubliceerd. Deze analyse brengt de ontwikkeling van mobiliteit en bereikbaarheid op de lange termijn in kaart voor zowel het personen- als het goederenvervoer. Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft de wens om hierin ook toekomstige verkeersveiligheidsknelpunten op het hoofdwegennet (HWN) in kaart te brengen.

1.2 Doel methodiek

Het Ministerie heeft aan de combinatie Sweco-Arcadis gevraagd om een methodiek op te stellen met als doel *de (toekomstige) verkeersveiligheidstoestand van het hoofdwegennet (HWN) in een aantal categorieën in de verkeersveiligheidsprognoses in de IMA te kunnen weergeven.*

1.3 Aanpak

In deze opdracht is gezocht naar een methodiek waarbij op basis van gegevens over het wegontwerp

en (toekomstige) verkeersintensiteiten een voorspelling van het toekomstig aantal ongevallen en verkeersveiligheidsrisico wordt gedaan.

Hiervoor zijn diverse gegevens voorhanden uit historische ongevallengegevens, verkeersintensiteiten, de verkeersveiligheidsindicator (VIND) en de risicofactoren van wegkenmerken vanuit de jaarlijkse monitoringsrapportage Veilig over Rijkswegen (VoR). Door deze gegevens te combineren in de IMA wordt duidelijk in welke mate en waar in het Rijkswegennetwerk verkeersveiligheid een opgave vormt.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de in dit onderzoek gehanteerde bronnen beschreven. Hoofdstuk 3 behandelt de opgestelde methodiek. Hoofdstuk 4 laat een toepassing van de methodiek zien. Hoofdstuk 5 sluit deze rapportage af met een aantal aanbeveling voor doorontwikkeling van de methodiek.

2 GEHANTEERDE GEGEVENSBRONNEN

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van diverse gegevensbronnen. Deze data zijn afkomstig uit beschikbare bronnen, die onder andere gebruikt worden voor de jaarlijkse monitoringsrapportage Veilig over Rijkswegen. De gegevens betreffen:

- Verkeersveiligheidsindicator (VIND);
- Ongevalsgegevens (BRON);
- Intensiteitsgegevens (INWEVA);
- Wegkenmerken (WEGGEG).

Verkeersveiligheidsindicator (VIND)

De VIND is een databestand in beheer bij Rijkswaterstaat waarin voor alle rijkswegen is vastgelegd in hoeverre de wegkenmerken voldoen aan de (ontwerp)richtlijnen die in de VIND zijn vastgesteld. Deze richtlijnen zijn opgenomen in bijlage 3. Tabel 1 toont alle wegkenmerken die in de VIND zijn opgenomen.

VIND bevat wegkenmerken waarvan redelijkerwijs wordt aangenomen dat deze kenmerken de verkeersveiligheid in belangrijke mate beïnvloeden.

Tabel 1. Wegkenmerken in de VIND (VIND 2020)

Wegkenmerk	Autosnelweg	Autoweg
Berminrichting	X	X
Beginpunt geleiderail	X	X
Vluchtstrook	X	
Redresseerstrook		X
Rijstrookbreedte		X
Verhardingsbreedte		X
Rijrichtingscheiding		X
Stroefheid	X	X
Krappe bogen	X	X
Lengte invoegstrook	X	
Type aansluiting		X
Filestaartbeveiliging	X	
Verlichting	X	X
Rijsnelheid (S85)	X	X

Het VIND-bestand classificeert de rijkswegen voor elk wegkenmerk in drie categorieën:

- Goed: beschouwde combinaties van wegkenmerken en verkeerskenmerken zorgen niet voor een verhoogd risico
- Beheersaandachtsgebied: combinaties van wegkenmerken leiden niet rechtstreeks tot de conclusie dat er sprake is van een verhoogd risico, maar een locatiespecifieke analyse (van bijvoorbeeld het wegbeeld) en/of ongevalscijfers kunnen wel leiden tot de inschatting dat een verhoogd risico aannemelijk is.
- Onvoldoende: bij een gegeven combinatie van kenmerken is waarschijnlijk sprake van een verhoogd risico.

De richtlijnen vormen de basis om ontwerp en inrichting van de wegen voldoende veilig te maken. In dit onderzoek is daarom de focus gelegd op de classificatie Rood, omdat hier sprake is van een beoordeling van het wegkenmerk dat nog onder het minimum van de vigerende richtlijn ligt.

Ongevalsgegevens en risicocijfers

Voor wat betreft de ongevallen is een aantal keuzes gemaakt in het gebruik van ongevalgegevens. Deze zijn hieronder toegelicht.

In de gekozen onderzoeksperiode speelt een registratieprobleem waarbij ongevalslocaties vaak zijn afgerond op de hele kilometers (bijvoorbeeld hectometer 17.0 in plaats van 17.6). Om deze reden zijn dan ook geaggregeerde intervallen van 1 kilometer gehanteerd. Het nadeel van kilometerintervallen is dat de kwaliteit van VIND aspecten zijn bepaald per 100 meter. Voor deze kilometerintervallen is een afgeleide waarde gehanteerd, namelijk het gemiddelde over 10 VIND wegvakken. Hiermee wordt de kwaliteit van wegkenmerken uitgedrukt in één waarde en variatie van wegkenmerken in kwaliteit binnen deze kilometer worden minder inzichtelijk gemaakt.

De risicocijfers zijn berekend door alle slachtofferongevallen te delen door miljard

voertuigkilometers. Voertuigkilometers zijn de intensiteiten gemeten op een bepaald wegvak.

De risicocijfers zijn gebaseerd op alle aard van ongevallen. Uit de analyses blijkt dat er wel relaties zijn tussen de aard van ongevallen en bepaalde wegkenmerken. Hierbij zijn met name een hoger aandeel frontale ongevallen op enkelstrooks autowegen te benoemen. Ook hier speelt echter dat er onvoldoende onderzoeksmassa is om betrouwbare risicocijfers per aard te benoemen.

Daarom zijn risicocijfers slechts naar wegtype en niet naar aard onderscheiden.

Tot slot zijn de risicocijfers gebaseerd op gegevens van de wegen waar in de onderzoeksperiode geen grootschalige veranderingen hebben plaatsgevonden. Dit met als doel om de relatie tussen ongevalskenmerken en wegkenmerken zo zuiver mogelijk te houden. Dit betekent dat van ongeveer 80% van de rijkswegen de historische gegevens zijn gebruikt in dit onderzoek.

3 TOELICHTING METHODIEK

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de opbouw en werking van de IMA-verkeersveiligheidsmethodiek toegelicht. Het doel van de methodiek is om een voorspelling te kunnen doen van de maatschappelijke kosten van verkeersonveiligheid als gevolg van slachtoffers die bij toekomstige ongevallen vallen. Hiermee kan vervolgens een indeling van rijkswegen worden gemaakt waarmee inzicht ontstaat in wegen die relatief veel maatschappelijke kosten vanuit verkeersonveiligheid met zich meebrengen.

Met de resultaten van deze methodiek kan bepaald worden welke wegen prioriteit kunnen krijgen in de verkeersveiligheidsaanpak op de lange termijn. Gevonden (deel)resultaten of onderdelen zijn echter niet geschikt om uitspraken te doen over de meest veilige oplossing of over welke wegkenmerken op een specifieke weg relevant zijn. Het bepalen van de benodigde maatregelen en aanpassingen moet voor elke weg afzonderlijk bepaald worden in een traject specifieke studie.

Door historische ongevalsgegevens en wegkenmerken te combineren kan door 'backcasten' (met de methodiek een prognose over het verleden maken) de belangrijkste verkeersveiligheidsopgaven worden voorspeld voor 2040. De methodiek bestaat zodoende uit een aantal hoofdonderdelen die in de volgende paragrafen afzonderlijk zijn toegelicht. Het gaat om:

- Risicocijfers voor verschillende wegtypen met verschillende wegkenmerken gebaseerd op historische gegevens.
- Voorspelling van aantal ongevallen op basis van de historische risicocijfers en gegevens over de toekomstige situatie van de wegen en het verkeer.
- Berekening van maatschappelijke kosten verkeersonveiligheid.

3.2 Risicocijfers

De basis van de methodiek is een set van risicocijfers. Het risicocijfer zegt iets over het risico dat een individuele weggebruiker loopt om betrokken te raken bij een ongeval; het risicocijfer

wordt doorgaands uitgedrukt in het aantal slachtofferongevallen per miljard voertuigkilometers. Voor deze methodiek zijn de risicocijfers gedifferentieerd naar verschillende wegtypen, aantal rijstroken en een aantal wegkenmerken.

Om risicocijfers op te kunnen stellen is inzicht nodig in welke wegkenmerken onderscheidend zijn geweest voor het verkeersveiligheidsniveau van een weg. Hiervoor is een correlatie-analyse en een regressie-analyse uitgevoerd. Deze analyses worden uitgebreid beschreven in bijlage 2. Tabel 2 toont voor autosnelwegen en tabel 3 voor autowegen en overige wegen een overzicht van de risicocijfers die uiteindelijk zijn onderscheiden.

Ter illustratie: voor autosnelwegen met 2 rijstroken waarbij het aandeel rustig tussen de 0 en 25% ligt en de categorie/score 'rood' van de berminrichting 40 tot 100% is, wordt een risicocijfer geschat van 18,1. Dit betekent dat er per miljard gereden voertuigkilometer 18,1 slachtofferongeval te verwachten is.

In de tabellen is te zien dat er bij elk wegkenmerk sprake is van een grenswaarde. Zo heeft de berminrichting bij autosnelwegen met 2 rijstroken een grenswaarde van 40%. Dit wil zeggen dat bij minder dan 40% van de lengte van een wegvak met score rood het ene risicocijfer wordt gehanteerd en bij méér dan 40% het andere risicocijfer. Bij het bepalen van de exacte waarde van de grenswaarde is specifiek gelet op voldoende massa voor het bepalen van het risicocijfer.

Er is een toets uitgevoerd op de voorspellende waarde van deze set aan risicocijfers. Dit is gedaan door met deze risicocijfers een 'voorspelling' (backcasten) te doen van het aantal slachtofferongevallen voor de periode 2016-2019 en deze te vergelijken met de werkelijk geregistreerde aantallen. Hieruit wordt geconcludeerd dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen. Het verschil is landelijk minder dan 2% (5.239 gemeten versus 5.349 geprognoseerd aantal slachtofferongevallen voor vier jaar).

Tabel 2 Meest verklarende wegkenmerken op autosnelwegen resulterend uit de risicocijfer analyse

Wegtype	Aandeel Rustig (vkm)	VIND Berminrichting_1km_aandeelRood	VIND Vluchtstrook_1km_aandeelRood	Risicocijfer
Autosnelweg 1 rijstrook	X	X	X	55,6
Autosnelweg 2 rijstroken	0-25%	0-30%	X	17,1
	0-25%	40-100%	X	18,1
	25-100%	0-30%	X	18,5
	25-100%	40-100%	X	22,9
Autosnelweg 3 of meer rijstroken	0-25%	X	0%	18,7
	0-25%	X	10-100%	21,3
	25-100%	X	0%	21,0
	25-100%	X	10-100%	22,2

Tabel 3. Meest verklarende wegkenmerken op autowegen en overige wegen resulterend uit de risicocijfer analyse

Wegtype	VIND Type aansluiting_1km_aandeelOranjeRood	VIND Rijstrookbreedte EN redresseerstrook_1km_aandeelOranjeRood	VIND Rijrichtingscheiding_1km_aandeelRood	Risicocijfer
Autoweg 1 rijstrook	0%	0-10%	0%	15,9
	0%	0-10%	10-100%	26,5
	0%	20-100%	0%	24,8
	0%	20-100%	10-100%	43,3
	10-100%	0-10%	0%	52,5
	10-100%	0-10%	10-100%	52,5
	10-100%	20-100%	0%	52,5
	10-100%	20-100%	10-100%	52,5
Autoweg 2 rijstroken	X	0-10%	X	24,6
	X	20-100%	X	26,4
Overige weg 1 rijstrook	0%	X	X	40,4
	10-100%	X	X	67,3
Overige weg 2 rijstroken	X	X	X	55,1

3.3 Prognose aantal slachtoffers in toekomst

In de methodiek wordt een voorspelling gedaan over het verwachte aantal ongevallen op een weg in de toekomst. Voor deze voorspelling zijn drie componenten gehanteerd:

- De set aan gedifferentieerde risicocijfers (zie paragraaf 3.2).
- Toekomstige intensiteitsgegevens.
- Toekomstige wegkenmerken.

Toekomstige intensiteitgegevens

De intensiteitsgegevens zijn een bepalende factor voor de voorspelling van het aantal ongevallen. De toekomstige intensiteitsgegevens zijn verkregen uit door Rijkswaterstaat aangeleverde modelcijfers uit het Landelijk Model Systeem (LMS) voor 2019 en de situatie in 2040. Deze gegevens zijn ook de basis voor de analyses voor doorstroming en verkeersafwikkeling in de IMA. Bij de toekomstige intensiteiten is onderscheid gemaakt in een laag en een hoog economisch scenario (WLO-laag en WLO-hoog). De toekomstige intensiteiten zijn in combinatie met de weglengte omgerekend naar voertuigkilometers.

Toekomstige wegkenmerken

Verder is een aantal uitgangspunten gehanteerd over de toekomstige wegkenmerken van de wegen zoals is opgenomen in het LMS. De wegkenmerken bepalen welk cijfer uit de set van gedifferentieerde risicocijfers wordt gehanteerd.

Voor de toekomstige netwerk- en wegkenmerken zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- *Geen geplande infrastructurele wijziging:* hiervoor worden de huidige wegkenmerken overgenomen.
- *Verandering rijstroken:* hier wordt het wegtype aangepast aan het nieuwe aantal rijstroken en de overige wegkenmerken worden gelijk verondersteld.
- *Nieuwe weg of aangepast tracé:* hierbij wordt aangenomen dat de nieuwe weg geheel volgens het minimum van de ontwerprichtlijnen is aangelegd.

Opmerking bij bovenstaande uitgangspunten is dat Rijkswaterstaat een aantal programma's kent om de verkeersveiligheid te verbeteren. Deze programma's dragen bij aan de verbetering van de verkeersveiligheid doordat specifieke wegkenmerken op specifieke locaties worden aangepakt. Niet alle locaties zijn nu al bekend, waardoor het totale effect per kilometer wegvak niet goed ingeschat kan worden. In deze methodiek is er daarom geen rekening mee gehouden.

Het resultaat van de berekeningen op basis van risicocijfers, intensiteiten en wegkenmerken is een voorspelling van het toekomstig aantal slachtofferongevallen op een wegvak (zie hoofdstuk 4).

3.4 Berekening maatschappelijke kosten verkeersonveiligheid

Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft een berekening gemaakt van de maatschappelijke kosten van verkeersslachtoffers met onderscheid naar slachtofferernst (KiM, Mobiliteitsbeeld 2019, paragraaf 4.5.1), deze zijn als uitgangspunt gehanteerd. De maatschappelijke kosten van ongevallen bestaan onder andere uit materiële kosten, productieverlies en filekosten. Uit een SWOV-factsheet over de kosten van verkeersongevallen blijkt dat filekosten 2% van de totale maatschappelijke kosten van ongevallen zijn.

De gegevens van het KiM zijn op slachtofferniveau bekend en om deze gegevens in dit onderzoek te kunnen toepassen is een omrekening van het aantal ongevallen naar het aantal slachtoffers naar ernst gemaakt, dit is per wegtype afzonderlijk gedaan. Hierbij is rekening gehouden met twee factoren:

- Gemiddeld aantal slachtoffers per ongeval.
- De verhouding naar ernst met onderscheid in dodelijke slachtoffers en gewonden.

Voor de periode 2016-2019 is één categorie letselongevallen geregistreerd. Om de kosten van een verkeersgewonde te bepalen is de verhouding naar de vijf slachtofferniveaus in de periode 2004-2008 gehanteerd. Door het aandeel van letselongevallen onder overige gewonden, eerste hulp gewonden en ziekenhuisgewonden te vermenigvuldigen met de gemiddelde kosten voor ieder type letselernst, wordt er een gewogen waarde berekend per letselongeval. Van alle slachtofferongevallen wordt op basis van het

aandeel dodelijke ongevallen en letselongevallen de gemiddelde maatschappelijke kosten voor één slachtofferongeval berekend, zie tabel 4.

Tabel 4. Berekende maatschappelijke kosten per slachtofferongeval per wegtype

Wegtype	Maatschappelijke kosten slachtofferongeval
Autosnelweg 1 rijstrook	€ 295.000
Autosnelweg 2 rijstroken	€ 290.000
Autosnelweg 3 of meer rijstroken	€ 190.000
Autoweg 1 rijstrook	€ 570.000
Autoweg 2 rijstroken	€ 340.000
Overige wegen	€ 450.000

Om aansluiting te vinden met de door SWOV berekende maatschappelijke kosten op het totale hoofdwegennet HWN die berekend zijn op basis van werkelijke aantallen verkeersslachtoffers uit ziekenhuisgegevens, is een correctiefactor toegepast (zie tabel 5). Hiermee wordt dus corrigerend voor de onderregistratie in BRON. In het prognosejaar 2040 is de correctiefactor lager dan in het basisjaar, dit betreft het door SWOV berekende effect dat het risico voor gemotoriseerd verkeer in 2040 lager is dan nu (hierin is dus een toekomstige verandering in bijvoorbeeld verkeersgedrag en voertuigveiligheid ten opzichte van de huidige situatie meegenomen). De correctiefactoren zijn generiek, dus op alle trajecten dezelfde correctiefactoren, toegepast. Zo blijven de verschillen tussen trajecten, zoals door toepassing van de risicocijfers is berekend, intact.

Tabel 5. Correctiefactoren maatschappelijke verkeersonveiligheid HWN voor 2019, 2040 Laag en 2040 Hoog

Toelichting	Maatschappelijke kosten verkeersonveiligheid HWN			Ophoogfactoren		
	2019	2040 Laag	2040 Hoog	2019	2040 Laag	2040 Hoog
	Berekening op basis van werkelijke aantallen doden en EVG (SWOV)	€ 585 mln	€ 410 mln	€ 595 mln	1,00	1,00
Berekening op basis van in BRON geregistreerde aantallen doden en EVG (Sweco en Arcadis)	€ 361 mln	€ 333 mln	€ 463 mln	1,62	1,23	1,29

4 TOEPASSING METHODIEK

In bijlage 1 zijn een aantal kaartbeelden als uiteindelijk resultaat van de methodiek opgeleverd, dat zijn de volgende criteria:

- Slachtofferongevallendichtheid (aantal slachtofferongevallen per 10 km weglengte);
- Slachtofferongevallenrisico (aantal slachtofferongevallen per miljard voertuigkilometer);
- Gemonetariseerd slachtofferisico (miljoen euro per miljard voertuigkilometer);
- Kosten van verkeersonveiligheid (miljoen euro per 10 km weglengte).

Al deze vier criteria zijn voor drie perioden in kaart gebracht: de geschatte periode 2019 en de prognosejaren 2040 Laag en 2040 Hoog.

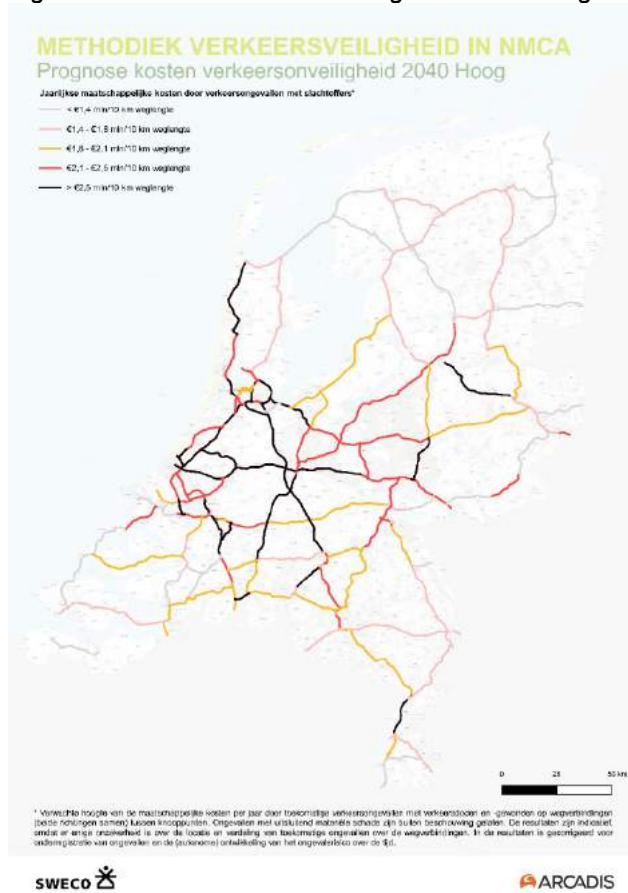
Ter illustratie is het kaartbeeld van de kosten van verkeersonveiligheid voor 2040 Hoog in figuur 1 weergegeven. Hierbij zijn de in totaal 176 wegverbindingen in 5 klassen ingedeeld. Er zijn 37 wegverbindingen (de zwarte lijnen) waarbij de jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers meer dan 2,5 miljoen euro per 10 km weglengte is.

Tabel 6 laat de top-15 wegverbindingen zien op de vier onderwerpen voor het prognosejaar 2040 Hoog, geordend van hoog naar laag.

In absolute zin worden de meeste verkeersongevallen met slachtoffers op het hoofdwegennet verwacht op de wegen met de hoogste intensiteiten. Dit zijn voornamelijk autosnelwegen in de Randstad en Midden-Nederland, namelijk (delen van) de A1, A2, A4, A9, A10, A12. Ook de autowegen N44 en N65 komen in de top-15 voor. Door het aantal slachtofferongevallen zijn hier ook meer

maatschappelijke kosten te verwachten, dan op wegen waar lagere intensiteiten worden verwacht.

Figuur 1. Kosten verkeersonveiligheid 2040 Hoog



Het slachtofferisico, het aantal slachtoffers per gereden voertuigkilometer, is echter niet op alle wegen gelijk. Weggebruikers op niet-autosnelwegen hebben een hoger risico op een slachtofferongeval. Dit betreffen voornamelijk de huidige N-wegen, veelal uitgerust met één rijstrook per richting zonder rijrichtingscheiding. Deze wegen zijn onveiliger voor weggebruikers dan autosnelwegen, met hogere verkeersintensiteiten, meerdere rijstroken en rijrichtingscheiding. Daarnaast geldt voor beide type wegen dat berminrichting een belangrijke factor voor het slachtofferisico is. De meest risicovolle wegverbindingen zijn de N3, N9, N14, N18, N35, N44, N57, N59, N65, N99, N200 en de N915.

Tabel 6. Geschat aantal slachtofferongevallen en daarmee samenhangende maatschappelijke kosten geordend van hoog naar laag; Top 15-wegverbindingen op de 4 verschillende criteria voor scenario 2040-Hoog

Positie	Maatschappelijke kosten slachtofferongevallen		Slachtofferongevallen*	
	Per miljard voertuigkilometer	Per 10 km weglengte	Per miljard voertuigkilometer	Per 10 km weglengte
1	N65 tussen Vught en Berkel-Enschot	N65 tussen Vught en Berkel-Enschot	N65 tussen Vught en Berkel-Enschot	A4 tussen De Nieuwe Meer en Badhoevedorp
2	N44 tussen Wassenaar en Den Haag	N44 tussen Wassenaar en Den Haag	N14 tussen noordkant van Den Haag en de A4 bij Leidschendam	A2 tussen Holendrecht en Oudenrijn
3	N14 tussen noordkant van Den Haag en de A4 bij Leidschendam	N14 tussen noordkant van Den Haag en de A4 bij Leidschendam	N44 tussen Wassenaar en Den Haag	A4 tussen Badhoevedorp en Burgerveen
4	N59 tussen N57 en N257	A4 tussen De Nieuwe Meer en Badhoevedorp	N59 tussen N57 en N257	A1 tussen Watergraafsmeer en Naarden-West
5	N915 tussen Ridderkerk en Alblasterdam	A2 tussen Holendrecht en Oudenrijn	N915 tussen Ridderkerk en Alblasterdam	A12 tussen Bodegraven en Oudenrijn
6	N35 tussen Zwolle en Wierden	A4 tussen Badhoevedorp en Burgerveen	N35 tussen Zwolle en Wierden	A2 tussen Oudenrijn en Everdingen
7	N18 tussen Varsseveld en Groenlo	A1 tussen Watergraafsmeer en Naarden-West	N18 tussen Varsseveld en Groenlo	A10 tussen Watergraafsmeer en Amstel
8	N99 tussen De Kooy en Den Oever	A12 tussen Bodegraven en Oudenrijn	N9 tussen Alkmaar en Den Helder	A4 tussen Zoeterwoude-Rijndijk en Ypenburg
9	N35 tussen Enschede en Duitse grens	N3 tussen A15 Papendrecht en A16 Dordrecht	N99 tussen De Kooy en Den Oever	A2 tussen Deil en Empel
10	N9 tussen Alkmaar en Den Helder	A2 tussen Oudenrijn en Everdingen	N57 tussen N215 en Scharrendijke	A12 tussen Gouwe en Bodegraven
11	N57 tussen N215 en Scharrendijke	A10 tussen Watergraafsmeer en Amstel	N35 tussen Enschede en Duitse grens	A2 tussen Everdingen en Deil
12	N57 tussen Scharrendijke en A58 Middelburg	A4 tussen Zoeterwoude-Rijndijk en Ypenburg	N57 tussen Scharrendijke en A58 Middelburg	A4 tussen Burgerveen en Zoeterwoude-Rijndijk
13	N48 tussen N36 en Hoogeveen	A1 tussen Naarden-West en Eemnes	N3 tussen A15 Papendrecht en A16 Dordrecht	N65 tussen Vught en Berkel-Enschot
14	N36 tussen A35 (Almelo) en N48	A9 tussen Raasdorp en IJmuiden	N57 tussen A15 en N215	A10 tussen Coenplein en Watergraafsmeer
15	N59 tussen N257 en Hellegatsplein	A12 tussen Gouwe en Bodegraven	N200 tussen A10 en Halfweg	N44 tussen Wassenaar en Den Haag

* Verschillen in de resultaten tussen slachtofferongevallen en maatschappelijke kosten hangen samen met het gegeven dat het aandeel ongevallen met dodelijke afloop en ernstige verkeersgewonden binnen het totaal aantal slachtofferongevallen verschilt tussen wegen

5 AANBEVELINGEN

De methodiek is opgesteld in het kader van de IMA-2021. Hierbij is vanwege de beschikbare tijd een aantal pragmatische keuzes gemaakt. Op basis van de ervaringen en keuzes tijdens het proces is een aantal kansen te formuleren voor optimalisatie en toekomstig gebruik van de methodiek.

5.1 Optimalisatie methodiek

Met de ontwikkeling van de IMA-methodiek voor verkeersveiligheid is een toepasbare werkwijze ontwikkeld om een toekomstige mate van verkeersonveiligheid te voorspellen. Er is hierbij een aantal pragmatische keuzes gemaakt vanwege het verkennende karakter en de beperkte doorlooptijd van dit onderzoek. Verdere kansen voor optimalisatie van de methodiek zitten vooral in het fijnlijpen van de onderdelen. In het bijzonder zijn hierbij twee aspecten te noemen:

- De set aan risicocijfers kan verder gedifferentieerd worden door meer wegkenmerken te onderscheiden. Om dit te doen is het wel nodig om beter inzicht te krijgen in de (statistische) relevantie van de verschillende wegkenmerken op rijkswegen, die nu niet zijn opgenomen. Het advies hiervoor is om een vervolg te geven op de regressie-analyses. Andere (statistische) onderzoeksmethodieken kunnen hier mogelijk meer inzicht in geven. Aandachtspunt hierbij blijft dat de rijkswegen een relatief kleine onderzoeksmassa aan ongevallen heeft, waardoor het vinden van juiste statistische verbanden een uitdaging zal blijven zijn.
- De maatschappelijke kosten per wegtype kunnen nauwkeuriger bepaald worden. Dit door per wegtype nader onderscheid te maken in de aard van de ongevallen. De verschillende wegtypen kennen een andere verdeling in aard ongevallen. Daarnaast heeft elke aard ongeval een eigen verdeling naar ernst. Naar verwachting kan er binnen de autowegen nog meer verschil worden aangebracht.

Bovenstaande aspecten leiden tot een meer gedetailleerde methodiek, met nauwkeuriger resultaten op trajectniveau. De verwachting is dat dit

niet leidt tot grote wijzigingen in de resultaten. Wel zouden deze resultaten kunnen worden gebruikt voor nadere studie op trajectniveau voor het beoordelen of er en welke maatregelen nodig zijn.

5.2 Breder gebruik methodiek

Op Europees niveau is de EU-richtlijn 2019/1936 vastgesteld (ook wel RISM-II genoemd). Deze wordt in Nederland uitgewerkt in het Besluit verkeersveiligheid weginfrastructuur en wordt eind 2021 geïmplementeerd. De richtlijn en besluit schrijven de verplichte toepassing van diverse verkeersveiligheidsinstrumenten voor, gericht op zowel autosnelwegen als autowegen. Een van de verplichte instrumenten is de verkeersveiligheidsbeoordeling (VVB). Dit is een periodieke monitoringsrapportage waarin het veiligheidsniveau van de wegen in kaart moet worden gebracht. Hierbij moeten zowel de veiligheid van de wegkenmerken als ongevallen onderdeel zijn van de rapportage. Het resultaat (met een indeling van het wegennet in minimaal drie categorieën) moet naar de EU gerapporteerd worden.

De ontwikkelde methodiek voor de IMA-verkeersveiligheid kan wellicht invulling geven aan de VVB. De relevantie van deze methodiek is dat wegkenmerken als ongevalsgegevens worden gecombineerd en geprojecteerd kunnen worden in een aantal categorieën.

Verder is een mogelijke bredere toepassing van de IMA-methodiek het opnemen van de resultaten in de monitoringsrapportage Veilig over Rijkswegen van Rijkswaterstaat.



BIJLAGEN

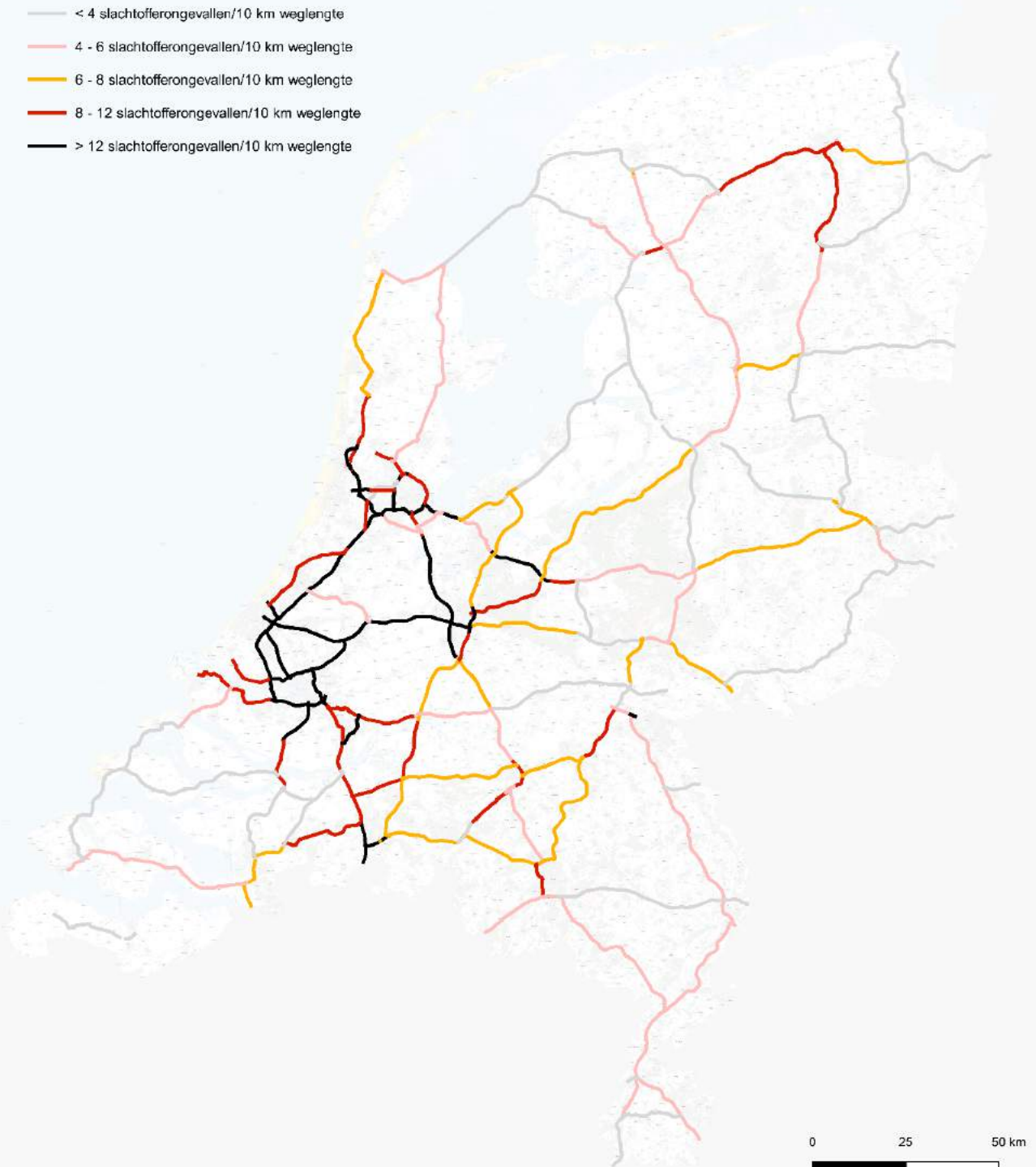
Bijlage 1. Kaartbeelden

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Schatting slachtofferongevallendichtheid 2019

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per 10 km weglengte

- < 4 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 4 - 6 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 6 - 8 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 8 - 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- > 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte



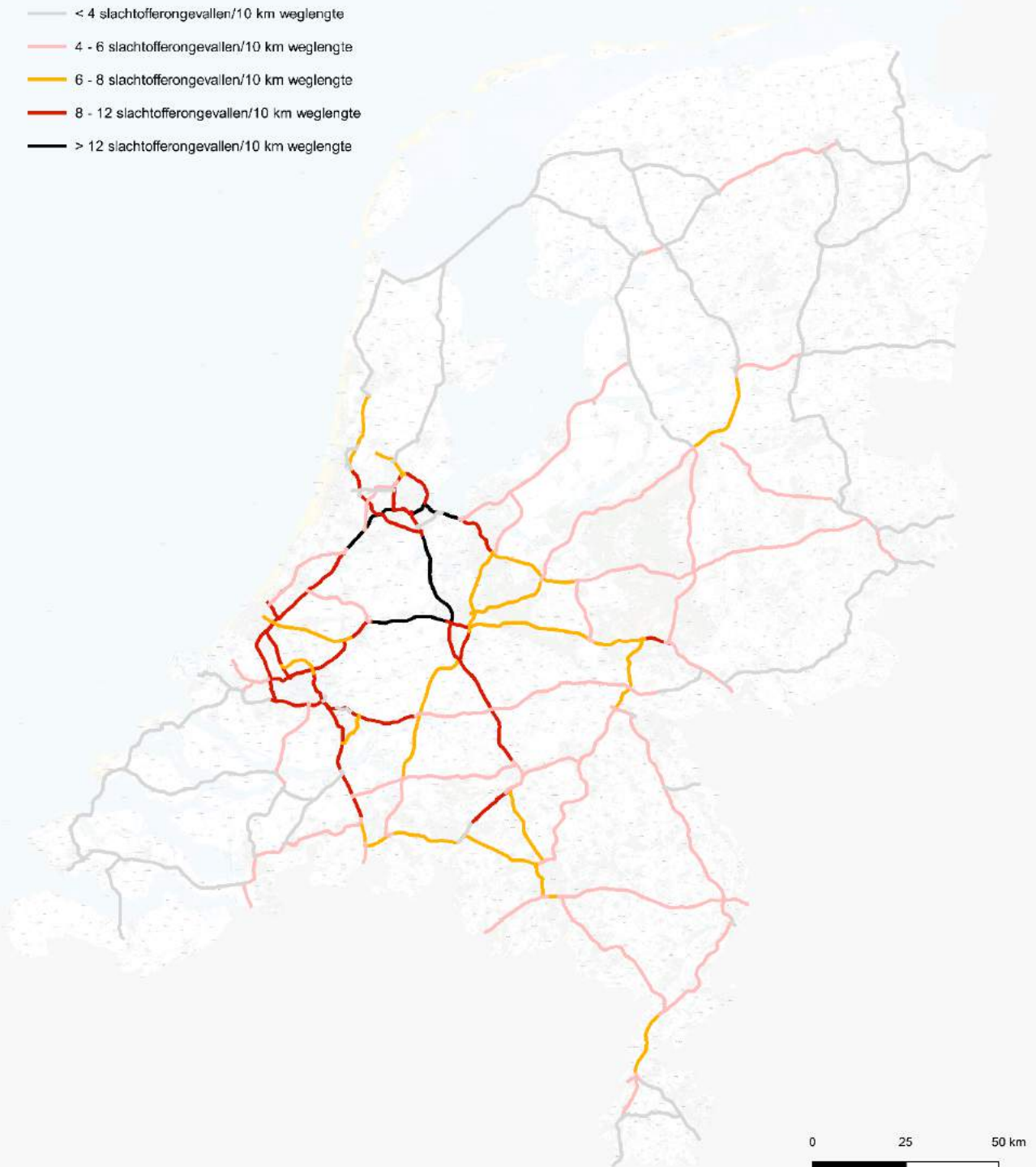
* Schatting jaarlijks aantal verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose slachtofferongevallendichtheid 2040 Laag

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per 10 km weglengte

- < 4 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 4 - 6 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 6 - 8 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 8 - 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- > 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte



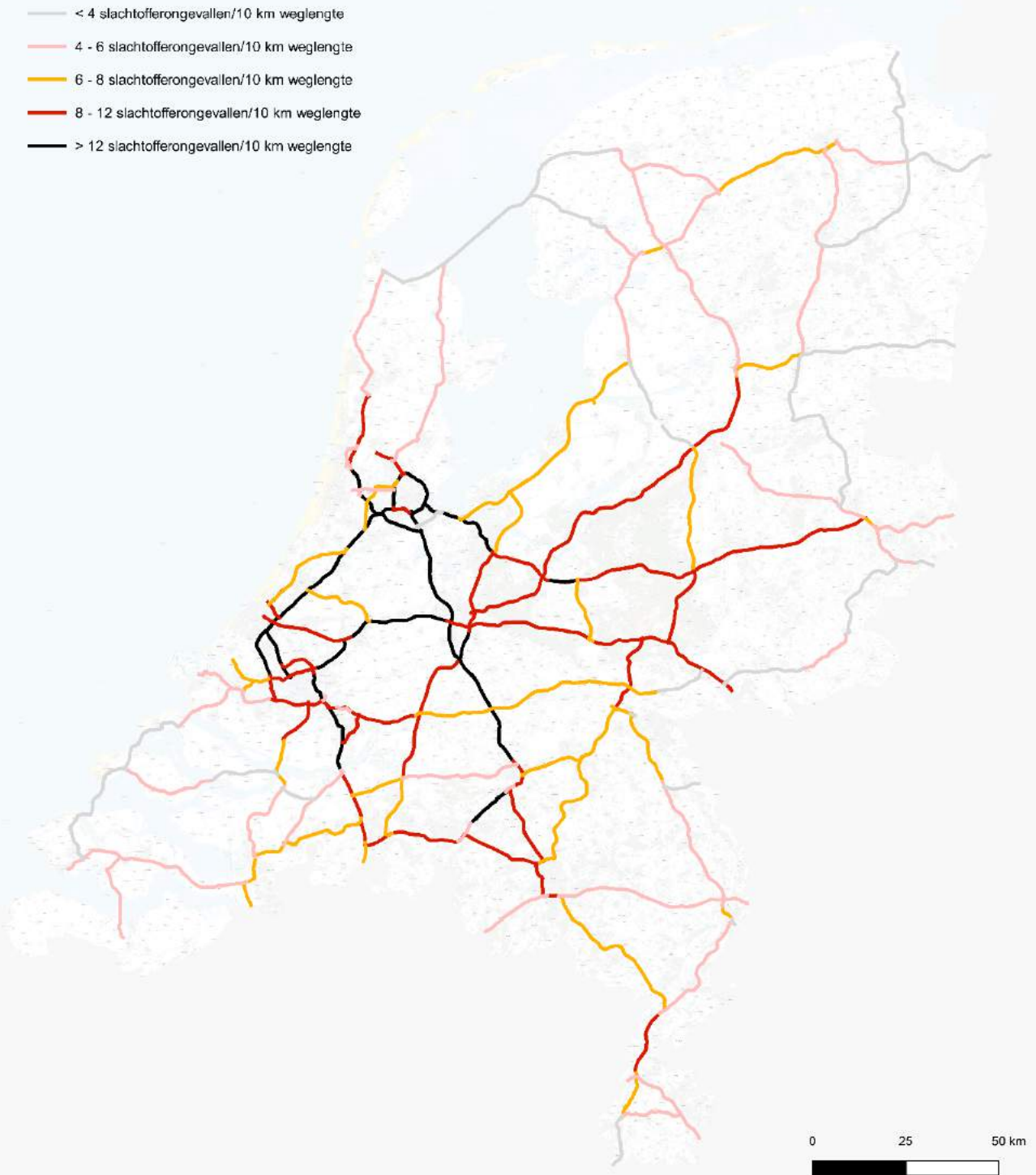
* Verwachte jaarlijks aantal toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose slachtofferongevallendichtheid 2040 Hoog

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per 10 km weglengte

- < 4 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 4 - 6 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 6 - 8 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- 8 - 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte
- > 12 slachtofferongevallen/10 km weglengte



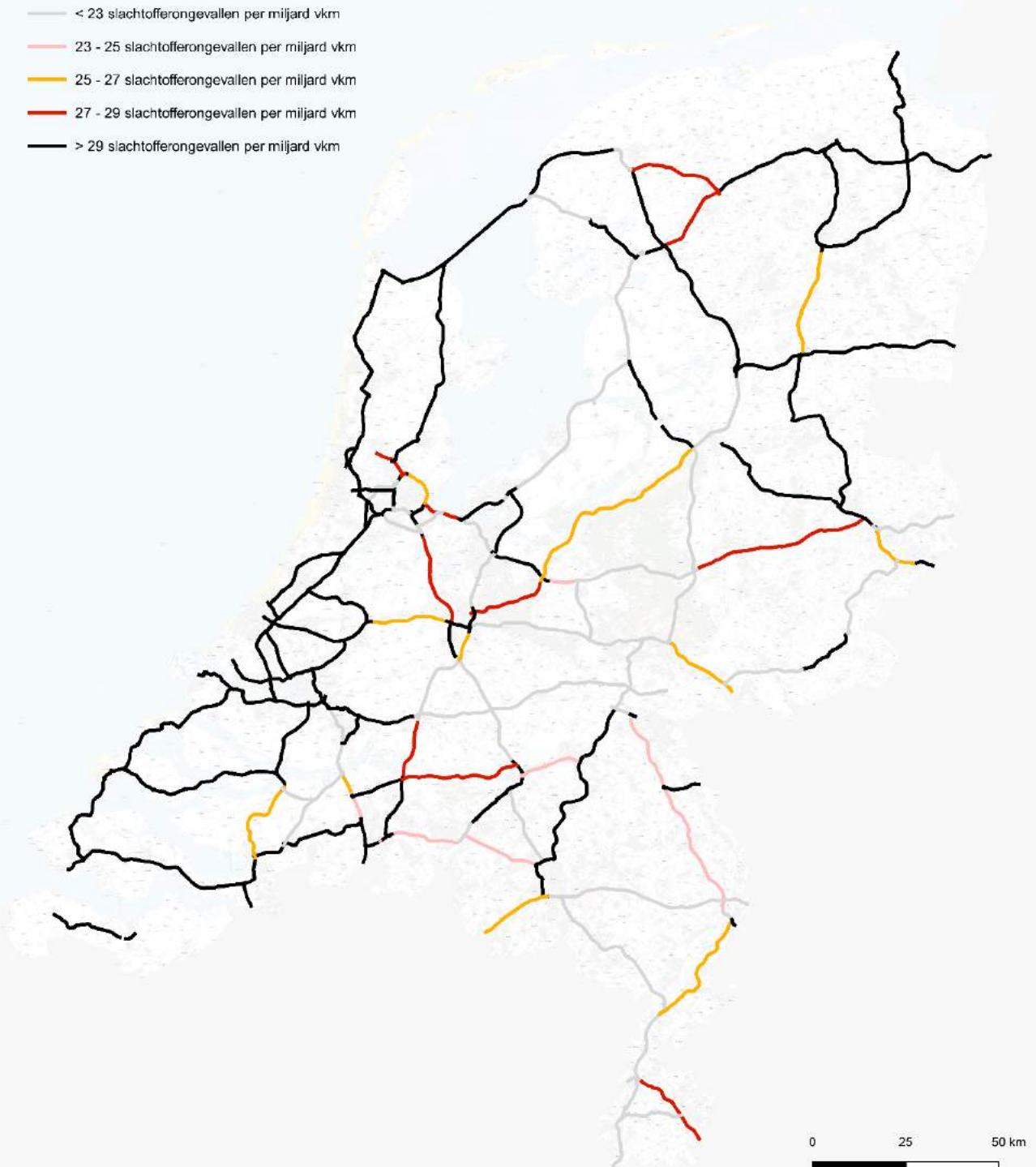
* Verwachte jaarlijks aantal toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Schatting slachtofferongevallenrisico 2019

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per miljard voertuigkilometer

- < 23 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 23 - 25 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 25 - 27 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 27 - 29 slachtofferongevallen per miljard vkm
- > 29 slachtofferongevallen per miljard vkm



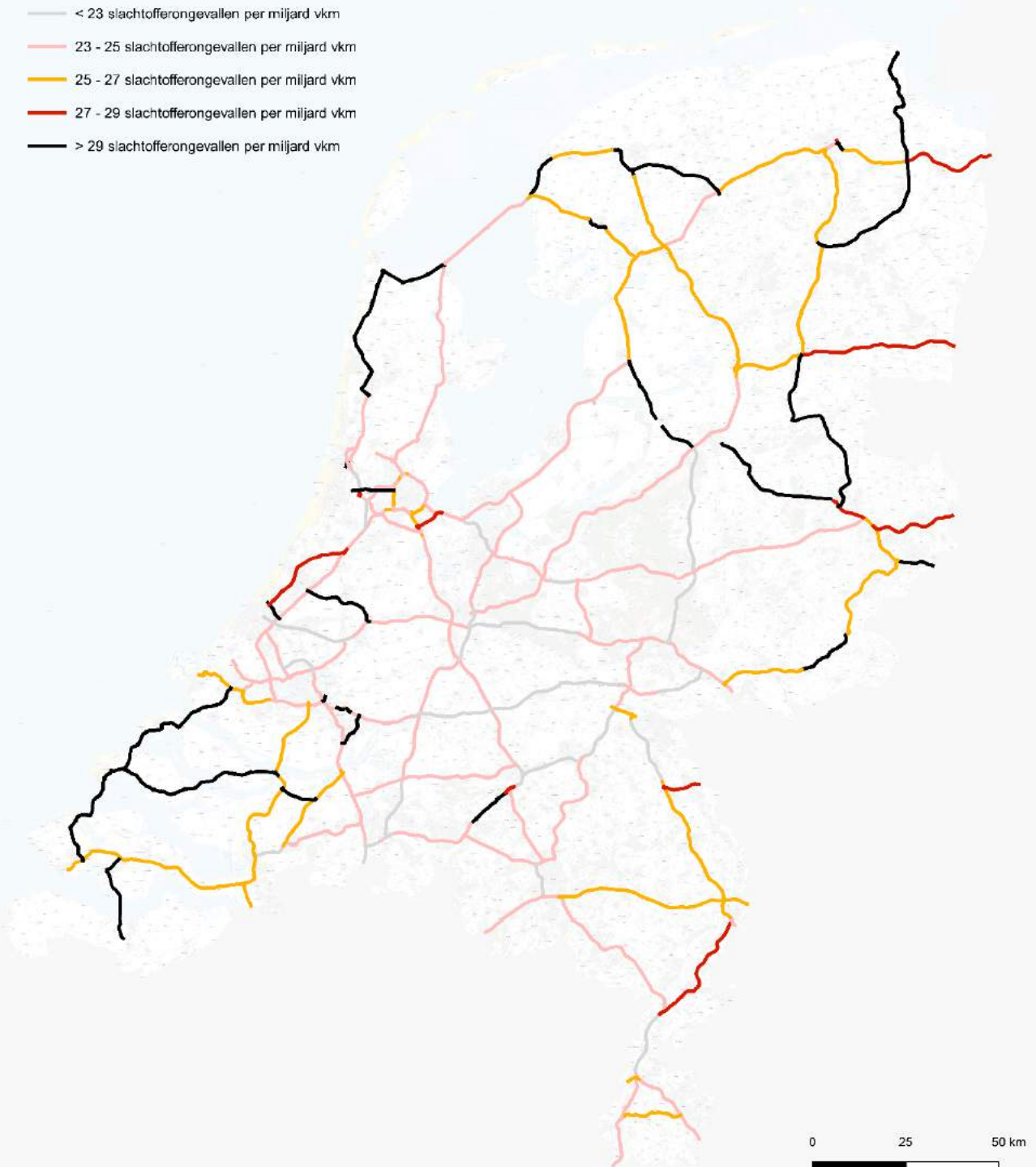
* Schatting hoogte van het jaarlijks aantal verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose slachtofferongevallenrisico 2040 Laag

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per miljard voertuigkilometer

- < 23 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 23 - 25 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 25 - 27 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 27 - 29 slachtofferongevallen per miljard vkm
- > 29 slachtofferongevallen per miljard vkm



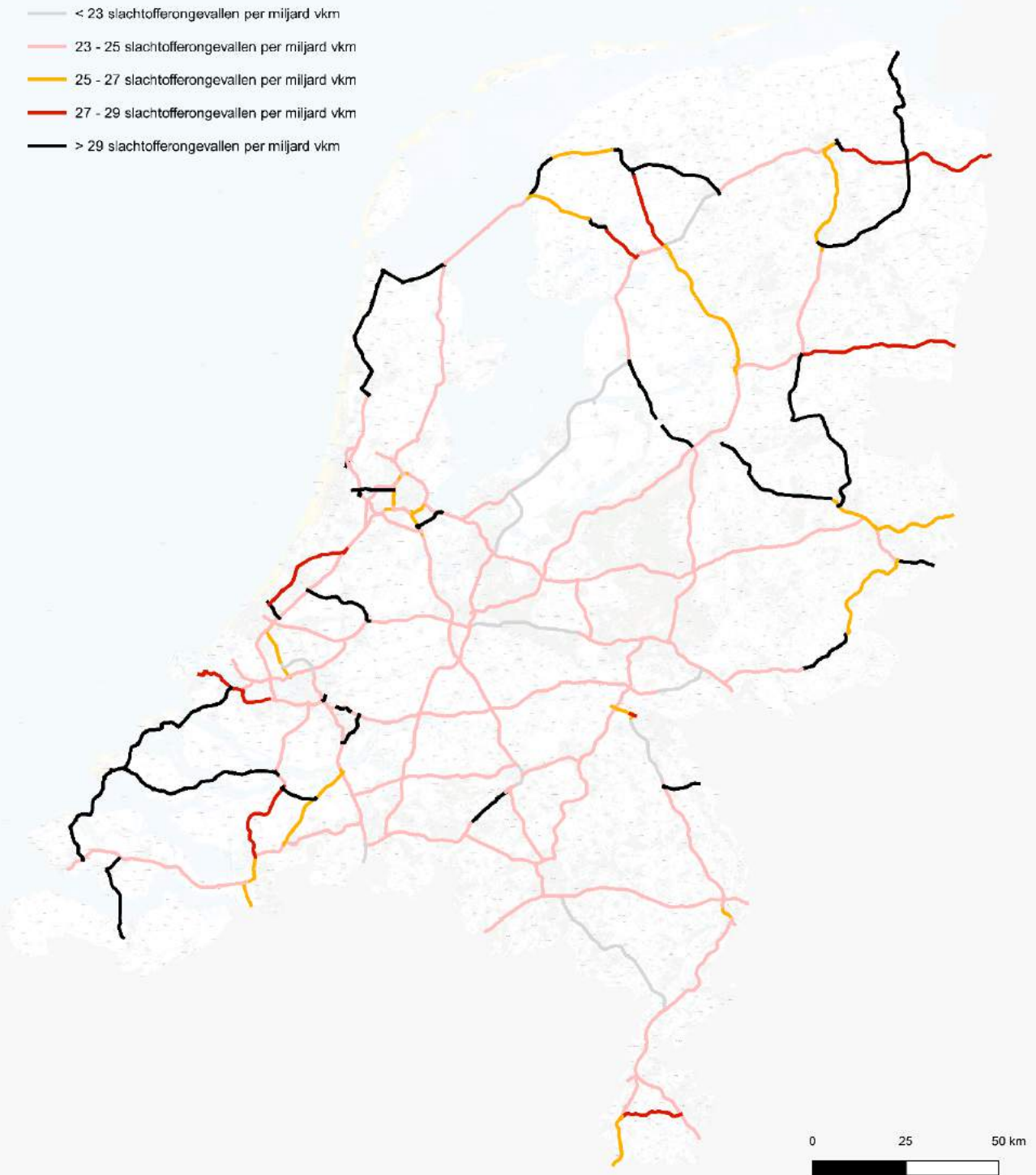
* Verwachte hoogte van het jaarlijks aantal toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose slachtofferongevallenrisico 2040 Hoog

Jaarlijks aantal verkeersongevallen met slachtoffers* per miljard voertuigkilometer

- < 23 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 23 - 25 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 25 - 27 slachtofferongevallen per miljard vkm
- 27 - 29 slachtofferongevallen per miljard vkm
- > 29 slachtofferongevallen per miljard vkm



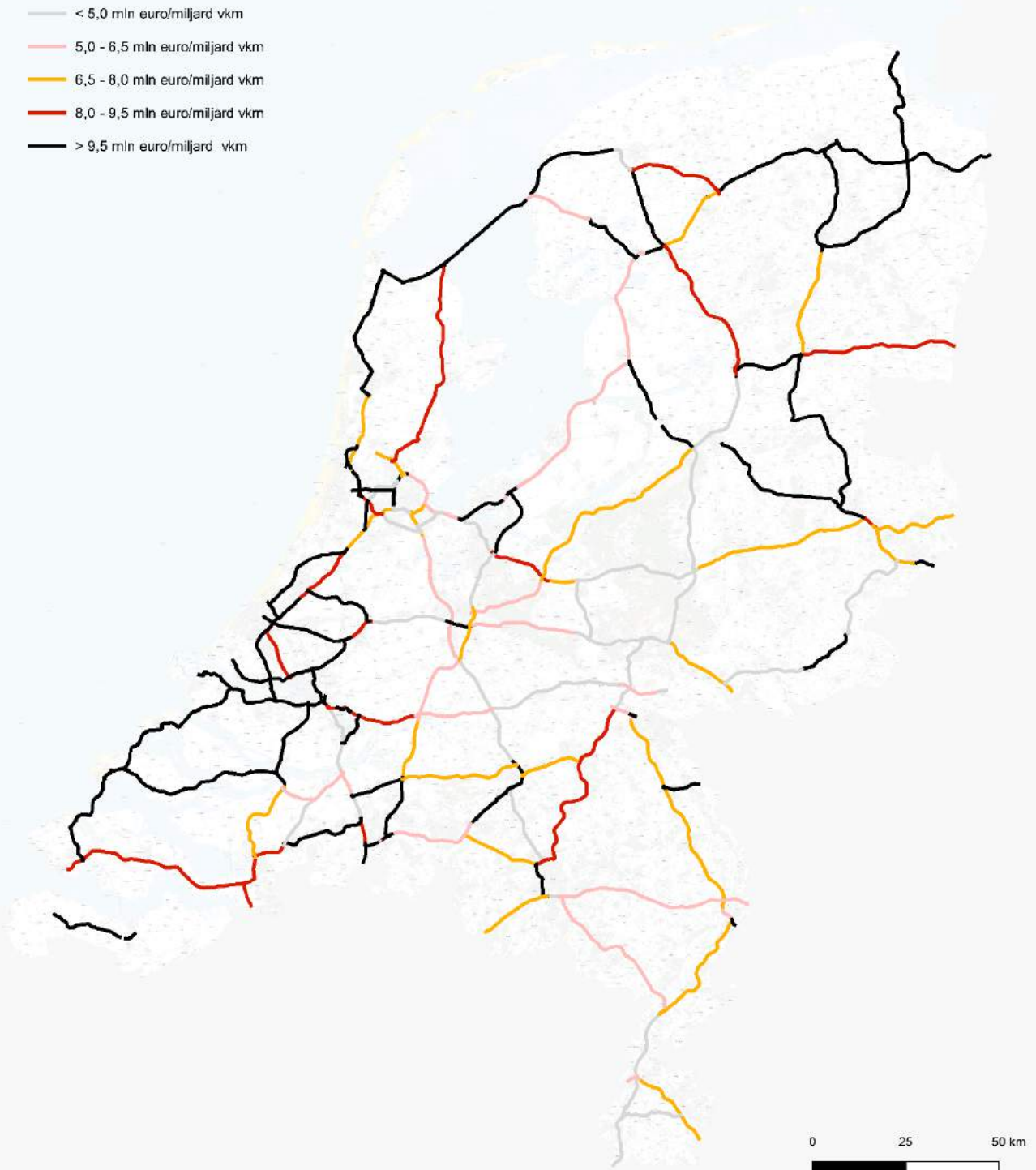
* Verwachte hoogte van het jaarlijks aantal toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Schatting gemonetariseerd slachtofferongevallenrisico 2019

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 5,0 mln euro/miljard vkm
- 5,0 - 6,5 mln euro/miljard vkm
- 6,5 - 8,0 mln euro/miljard vkm
- 8,0 - 9,5 mln euro/miljard vkm
- > 9,5 mln euro/miljard vkm



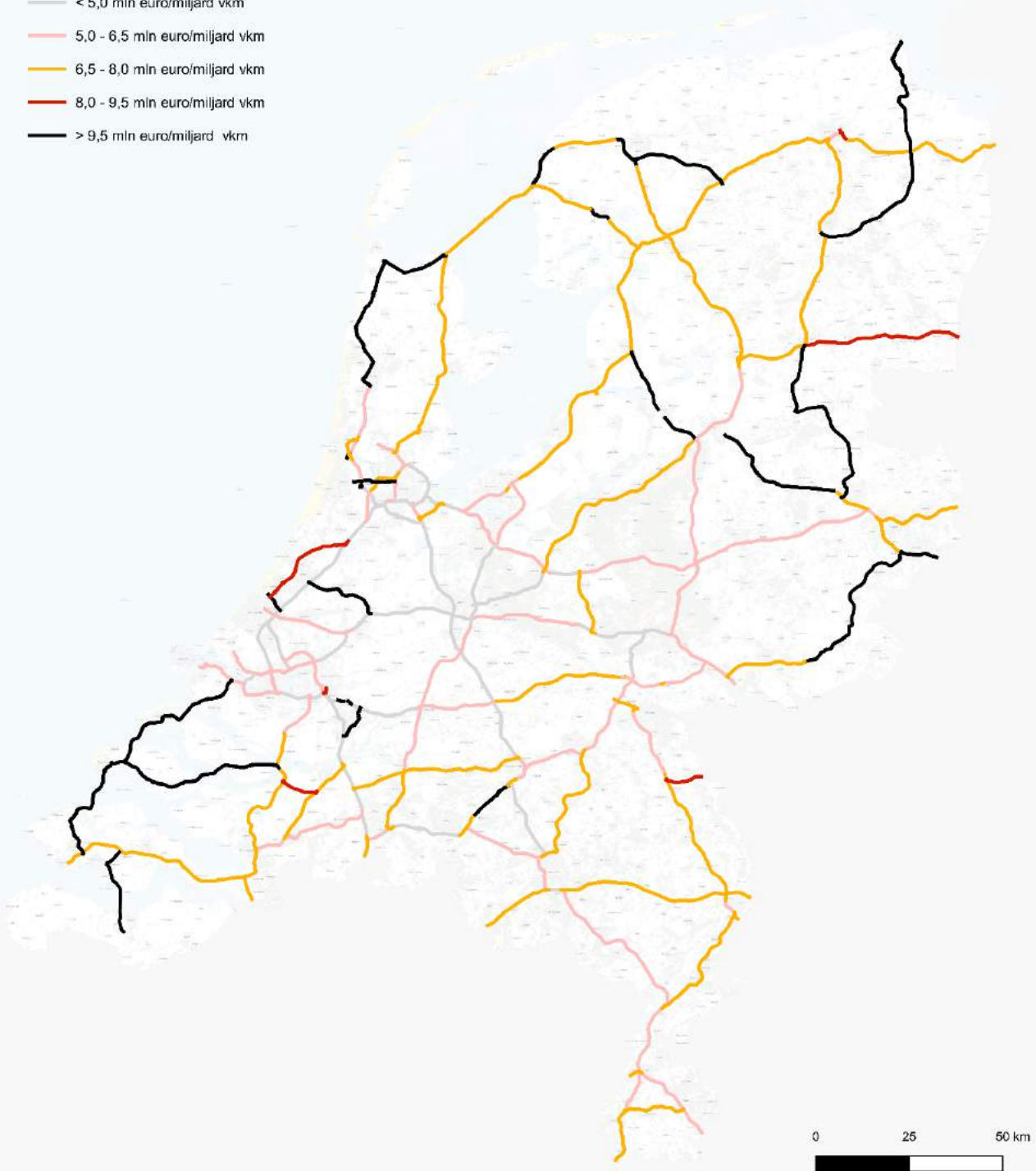
* Schatting hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose gemonetariseerd slachtofferongevallenrisico 2040 Laag

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 5,0 mln euro/miljard vkm
- 5,0 - 6,5 mln euro/miljard vkm
- 6,5 - 8,0 mln euro/miljard vkm
- 8,0 - 9,5 mln euro/miljard vkm
- > 9,5 mln euro/miljard vkm



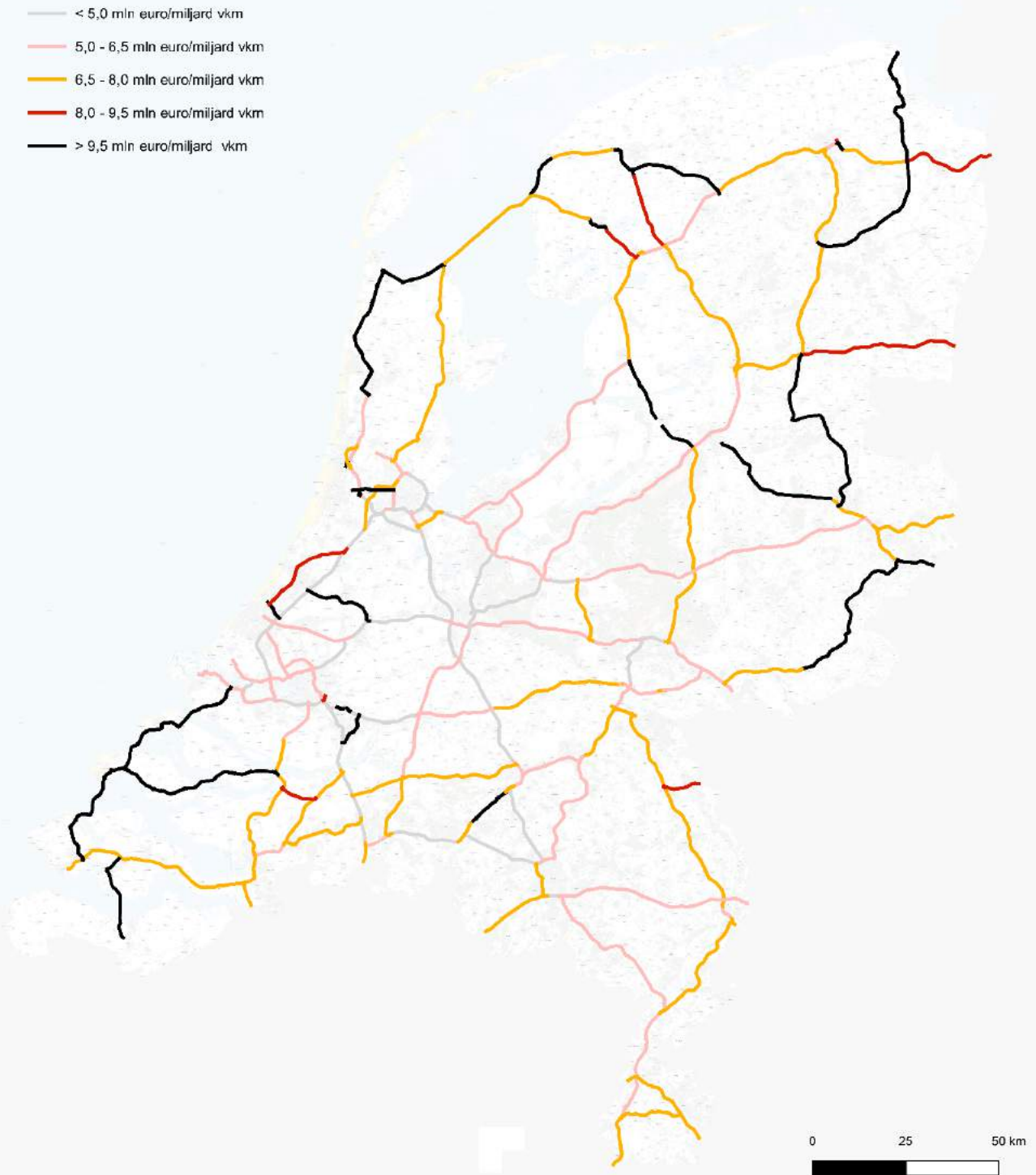
* Verwachte hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose gemonetariseerd slachtofferongevallenrisico 2040 Hoog

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 5,0 mln euro/miljard vkm
- 5,0 - 6,5 mln euro/miljard vkm
- 6,5 - 8,0 mln euro/miljard vkm
- 8,0 - 9,5 mln euro/miljard vkm
- > 9,5 mln euro/miljard vkm



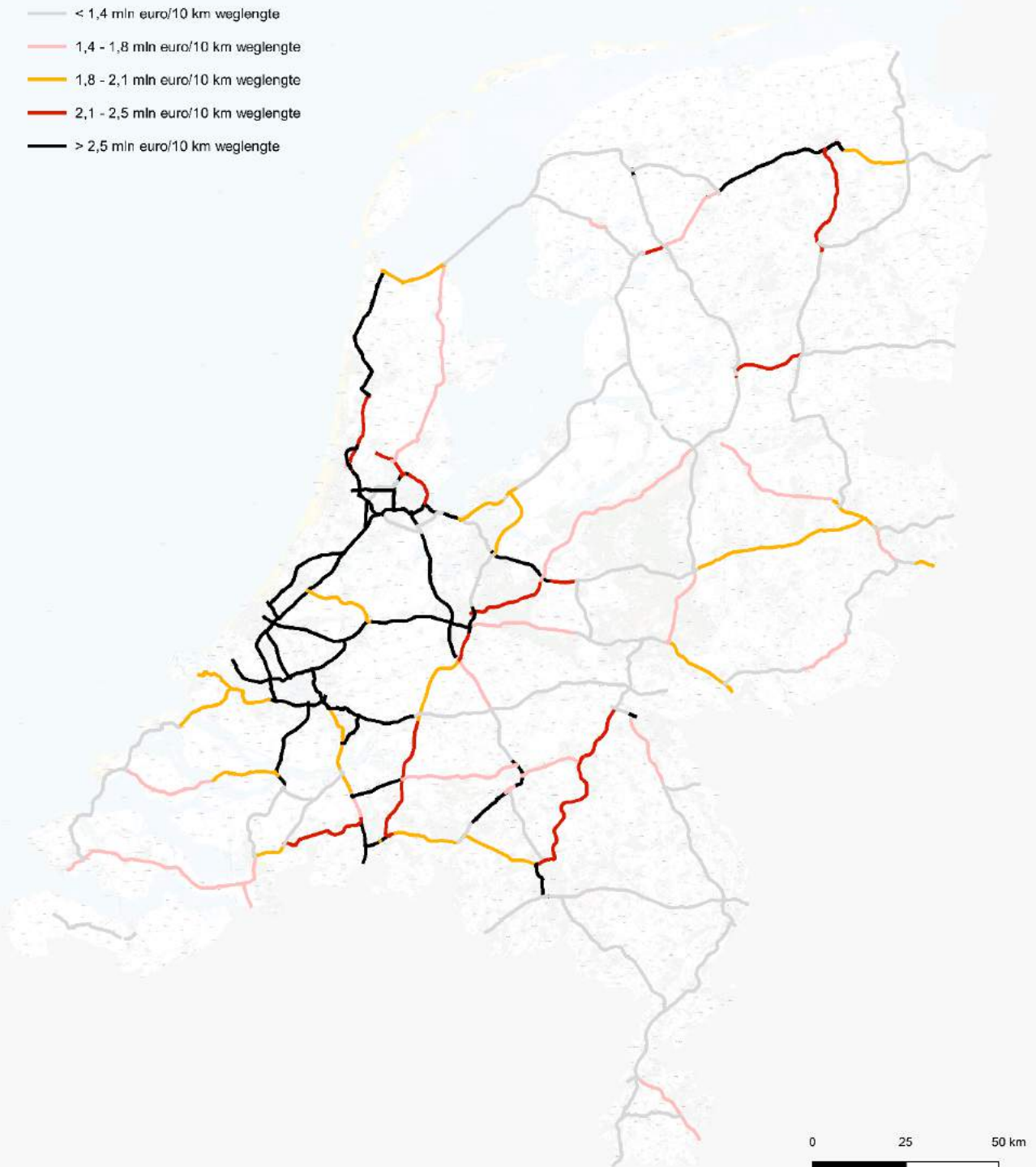
* Verwachte hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Schatting kosten verkeersonveiligheid 2019

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 1,4 mln euro/10 km weglengte
- 1,4 - 1,8 mln euro/10 km weglengte
- 1,8 - 2,1 mln euro/10 km weglengte
- 2,1 - 2,5 mln euro/10 km weglengte
- > 2,5 mln euro/10 km weglengte



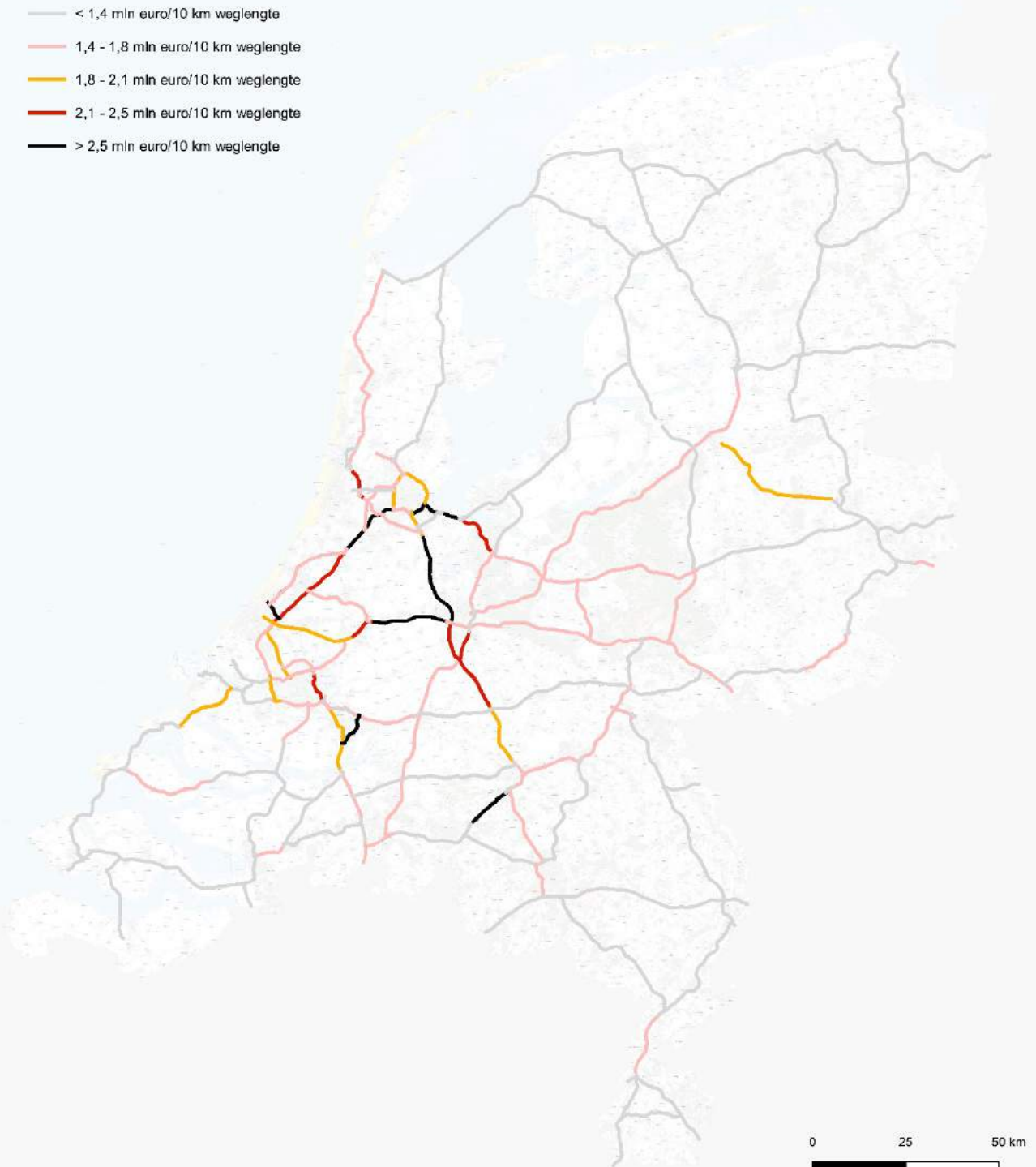
* Schatting hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose kosten verkeersonveiligheid 2040 Laag

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 1,4 mln euro/10 km weglengte
- 1,4 - 1,8 mln euro/10 km weglengte
- 1,8 - 2,1 mln euro/10 km weglengte
- 2,1 - 2,5 mln euro/10 km weglengte
- > 2,5 mln euro/10 km weglengte



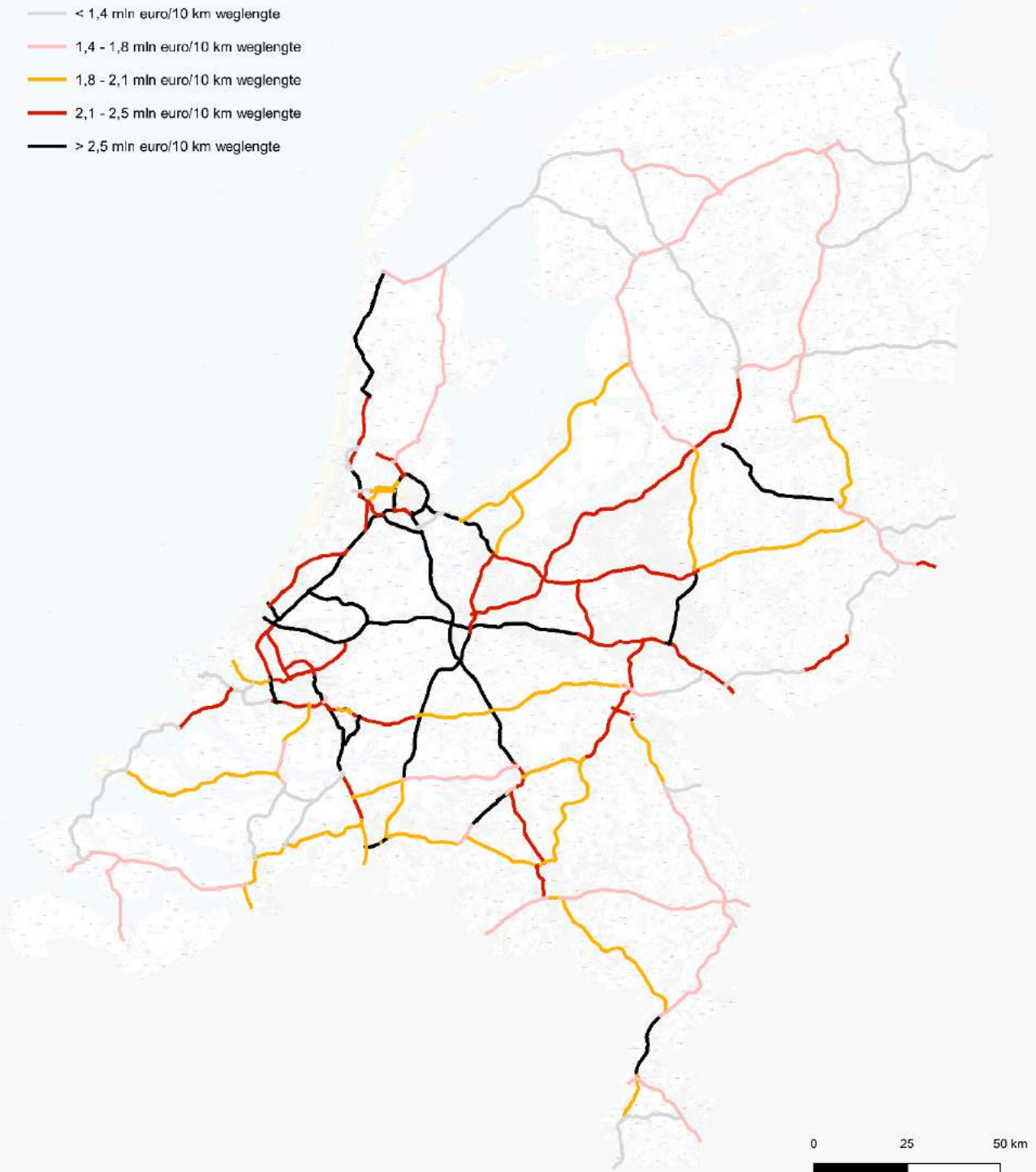
* Verwachte hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

METHODIEK VERKEERSVEILIGHEID IN NMCA

Prognose kosten verkeersonveiligheid 2040 Hoog

Jaarlijkse maatschappelijke kosten door verkeersongevallen met slachtoffers*

- < 1,4 mln euro/10 km weglengte
- 1,4 - 1,8 mln euro/10 km weglengte
- 1,8 - 2,1 mln euro/10 km weglengte
- 2,1 - 2,5 mln euro/10 km weglengte
- > 2,5 mln euro/10 km weglengte



* Verwachte hoogte van de maatschappelijke kosten per jaar door toekomstige verkeersongevallen met verkeersdoden en -gewonden op wegverbindingen (beide richtingen samen) tussen knooppunten. Ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten zijn indicatief, omdat er enige onzekerheid is over de locatie en verdeling van toekomstige ongevallen over de wegverbindingen. In de resultaten is gecorrigeerd voor onderregistratie van ongevallen en de (autonome) ontwikkeling van het ongevalsrisico over de tijd.

Bijlage 2. Methodiek correlatie- & regressie-analyse

In dit onderzoek is allereerst bekeken in hoeverre een methodiek gebaseerd op een voorspellende rekenformule meerwaarde biedt. Hierbij kan gedacht worden aan zogenoemde Accident Prediction Models, zoals die onder andere in de Amerikaanse Highway Safety Manual zijn opgenomen (The American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO), 2010). Uit ons onderzoek blijkt dat er onvoldoende onderzoeksmassa (aantal ongevallen in combinatie met verschillende wegkenmerken) aanwezig is om hiermee tot betrouwbare risico inschattingen te komen voor de rijkswegen.

De gekozen methodiek met gedifferentieerde risicocijfers biedt meer zekerheid, waarbij de methodiek en toepassing eenvoudiger mogelijk zijn. Om tot gedifferentieerde risicocijfers te komen is een correlatie- en regressie-analyse uitgevoerd, deze worden in deze bijlage beschreven.

1. Correlatie-analyse

Methodiek

Gestart is met de wegkenmerken die onderdeel zijn van de VIND omdat uit internationaal onderzoek blijkt dat deze relevant zijn voor verkeersonveiligheid (Arcadis, 2015). Hierbij is onbekend in hoeverre dit precies van belang is voor de Nederlandse rijkswegen, vanwege vaak andere eigenschappen van de geologische en geografische omgeving. Daarom is er een correlatie-analyse uitgevoerd om te toetsen of deze wegkenmerken daadwerkelijk ook voor de Nederlandse rijkswegen een relevante rol spelen. Hierbij is de correlatie bekeken tussen het aantal slachtofferongevallen en de wegkenmerken waarbij voor de VIND aspecten het aandeel rood is genomen. Vanwege het kleine aandeel rood voor filestaartbeveiliging en invoegstrook op autosnelwegen en vluchtstrook op autowegen en overige wegen is het aandeel oranje-rood gehanteerd.

Verschillende databestanden die gebruikt zijn voor de correlatieanalyse zijn:

- Hectomerintervallen: intervallen geaggregeerd naar lengte
- Reguliere bakjes: opsplitsing van bakjes per wegtype en aantal rijstroken o.b.v. voertuigkilometers.
- Nanobakjes: homogene groepen ingedeeld naar een aantal overeenkomende eigenschappen o.b.v. een vast aantal voertuigkilometers. Deze selectie van wegvakken binnen een homogene groep hoeven dus niet op elkaar aan te sluiten.

Resultaten

In Tabel 7 staan de resultaten opgenomen. Algemene conclusie uit deze analyse is dat veel onderzochte wegkenmerken daadwerkelijk een significante relatie hebben met het aantal slachtofferongevallen. Overigens toont dit niet aan dat een wegkenmerk de enige oorzaak is of gedeeltelijk de oorzaak is van een slachtofferongeval. Bovendien kan een wegkenmerk bijdragen aan de ernst van het ongeval.

Daarnaast is de conclusie dat de verklarende waarde van alle wegkenmerken klein is. De aan- of afwezigheid van een wegkenmerk voorspelt in geringe mate het uiteindelijk aantal ongevallen op een weg. Dit betekent dat er altijd een samenloop van omstandigheden is en er altijd meerdere factoren zijn die de aanwezigheid van ongevallen verklaren. Dit maakt het lastiger om aan de hand van de wegkenmerken een voorspelling te doen over toekomstige ongevalsniveau. Met de regressie-analyse is onderzocht of deze verbanden terug te vinden zijn.

Tabel 7. Correlatiecoëfficiënt van wegkenmerken met slachtofferongevallen en $P < 0,05$ (2016-2019)

Correlatie-coëfficiënt	
0,00 – 0,30	Nauwelijks of geen correlatie
0,30 – 0,50	Lage of zwakke correlatie
0,50 – 0,70	Middelmatige correlatie
0,70 – 0,90	Hoge of sterke correlatie
0,90 – 1,00	Zeer hoge of zeer sterke correlatie

Wegkenmerk	Autosnel-weg	Autoweg en overige weg
Aandeel rustig	-0,21	-0,20
Aandeel middeldruk	0,16	0,21
Aandeel vracht	-0,21	-0,23
Berminrichting	NS	NS
Beginpunt geleiderail	NS	NS
Vluchtstrook	0,04	
Redresseerstrook		NS
Rijstrookbreedte		NS
Verhardingsbreedte		NS
Rijrichtingscheiding		NS
Stroefheid	0,05	0,19
Krappe bogen	NS	NS
Lengte invoegstr.	-0,04	
Type aansluiting		NS
Filestaartbeveiliging	-0,04	
Verlichting	NS	NS
Rijsnelheid (S85)	-0,03	-0,16
Turbulentiegebied	NS	NS

NS betekent niet significant waarbij $P \geq 0,05$

2. Regressie-analyse

Methodiek

Opvolgend aan de correlatie-analyse is een regressie-analyse uitgevoerd. Dit heeft als doel om op basis van de correlatie van meerdere onafhankelijke variabelen met de afhankelijke variabelen, een (voorspellend) verband te vinden. Op basis van verschillende uitvoeringen van regressie-analyses (trial en error) is hierin een aantal keuzes gemaakt. Hierin zijn twee hoofdzaken vermeld:

- Opbouw van het gegevensbestand;
- Wegkenmerken in of buiten beschouwing.

Er is geëxperimenteerd met verschillende typen bestanden om de onderzoeksgegevens te ordenen. Hierbij is grofweg onderscheid te maken in indeling naar wegvakken (met verschillende lengtes), indeling naar wegvakken (per kilometer) en indeling naar voertuigkilometers (intensiteit van het verkeer

op een bepaald wegvak). Uiteindelijk is gekozen voor de indeling op basis van weglengte, dat beter aansluit op het Accident Prediction Model dat als basis dient voor de regressie-analyse. Het Accident Prediction Model hanteert de natuurlijke log van AADT (Average Annual Daily Traffic), ookwel gemiddelde etmaalintensiteit als basisvariabele en de verschillende wegkenmerken als onafhankelijke variabelen.

Verder is in de regressie-analyse gezocht naar combinaties van wegkenmerken die een sterk verklarende waarde hebben voor het aantal ongevallen. Hiervoor is geëxperimenteerd met het doorvoeren van analyses in SPSS met alle variabelen en het opnemen van specifieke variabelen. Dit heeft geleid tot een aantal keuzes. Ten eerste is ervoor gekozen om de verschillende wegtypes en aantal rijstroken te onderscheiden, omdat ieder wegtype andere wegkenmerken heeft die relevant zijn voor de verkeersveiligheid.

Tabel 8. Onderscheiden wegtypes

Wegtype	Toelichting
ASW-1	Autosnelweg met één rijstrook per richting
ASW-2	Autosnelweg met twee rijstroken per richting
ASW=>3	Autosnelweg met drie of meer rijstroken per richting
AW-1	Autoweg met één rijstrook per richting
AW-2	Autoweg met twee rijstroken per richting
OV-1	Overige weg met één rijstrook per richting (veelal 80km/u)
OV-2	Overige weg met twee rijstroken per richting (veelal 70 en 80km/u)

Ten tweede is handmatig een selectie gemaakt van wegkenmerken. Het doel hiervan is om variabelen die een beperkte impact hebben buiten beschouwing te laten, zodat de resterende variabelen een sterkere statistische verband waarde krijgen. Deze voorselectie voorkomt ruis in het Accident Prediction Model waardoor de kans op het vinden van relevante resultaten toeneemt. Na deze

selectie is met de resterende wegkenmerken de regressie-analyse uitgevoerd.

Deze handmatige selectie van wegkenmerken is gebaseerd op twee gronden. Ten eerste blijkt uit de (tussen)resultaten van de verschillende correlatie- en regressie-analyses dat deze wegkenmerken in algemene zin gezien een beperkte rol spelen in het voorspellen van de verkeersonveiligheid. Denk hierbij aan variabelen die niet significant zijn of een kleine invloed hebben op aantal ongevallen (kleine B-waarde). Ten tweede is daarbij o.b.v. expert judgement gekeken welke impact alle VIND kenmerken hebben op de verkeersveiligheid. In onderstaande tabel is toegelicht welke wegkenmerken zijn afgefallen aan de hand van verkeerskundige onderbouwing.

Opmerking bij de selectie van de wegkenmerken is dat de afgefallen variabelen wel degelijk van invloed kunnen zijn op de verkeersveiligheid op specifieke locaties of omstandigheden. Dit is in diverse onderzoeken en literatuur terug te vinden. In dit onderzoek zijn deze wegkenmerken buiten beschouwing gelaten, omdat deze weinig voorspellende waarde hebben voor het doel en abstractere detailniveau van de IMA.

Krappe bogen *	Lokaal relevant voor verkeersveiligheid maar afwijking komt weinig voor (geen goede cijfers beschikbaar). Bovendien te gedetailleerd voor IMA-scope.
Filestaart-beveiliging *	Compenserende maatregel voor onveilige situaties waardoor het effect van dit wegkenmerk op verkeersveiligheid een vertekend beeld oplevert.
Verlichting *	

**Relevante variabelen voor verkeersveiligheid, maar er is besloten deze niet mee te nemen in de analyse*

Tabel 9. Toelichting afgefallen wegkenmerken

Wegkenmerk	Toelichting
Aandeel vracht *	Directe relatie met aandeel rustig en intensiteit. Voor directe relaties tussen variabelen geldt dat het de analyse ten goede komt om één van deze variabelen niet mee te nemen.
Beginpunt geleiderail *	Beginpunt geleiderail is te gedetailleerd voor de IMA-scope. Samen met de berminrichting wordt deze wel als combinatievariabele opgenomen.
Stroefheid *	Relevant voor verkeersveiligheid maar afwijking komt weinig voor (geen goede cijfers beschikbaar). Bovendien te gedetailleerd voor IMA-scope.

In tabel 10 is de selectie van wegkenmerken voor de regressie-analyse opgenomen. Voor twee paar samenhangende wegkenmerken (berminrichting-beginpunt geleiderail en rijstrookbreedte-redresseerstrook) combinatiescores berekend. Van de grijs en geel gemarkeerde variabelen is één variabele van elke kleur opgenomen tijdens de uitvoering van de regressie-analyse in SPSS. Deze gekleurde variabelen zijn omstebeurt meegenomen in verschillende regressie-analyses, omdat de relatie tussen beide variabelen sterk is en er dus ruis in de resultaten zal optreden als beiden worden meegenomen.

Tabel 10. Regressie-analyse selectie wegkenmerken

Wegkenmerken	ASW_2	ASW>=3
AADT Log	X	X
Turbulentiegebied	X	X
Aandeel rustig	X	X
Aandeel middeldruk	X	X
VIND Berminrichting_1km_aandeelRood	X	X
VIND Berminrichting EN beginpunt geleiderail_1km_aandeelRood	X	X
VIND Berminrichting OF beginpunt geleiderail_1km_aandeelRood	X	X
VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood	X	X
VIND Vluchtstrook_1km_aandeelRood	X	X
VIND Invoegstrook_1km_aandeelOranjeRood	X	

Wegkenmerken	AW_1	AW_2	Overig
AADT Log	X	X	X
Turbulentiegebied	X	X	X
Aandeel rustig	X	X	X
Aandeel middeldruk	X	X	X
VIND Berminrichting_1km_aandeelRood	X	X	X
VIND Berminrichting EN beginpunt geleiderail_1km_aandeelRood	X	X	
VIND Berminrichting OF beginpunt geleiderail_1km_aandeelRood	X	X	
VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood	X	X	X
VIND Rijstrookbreedte EN redresseerstrook_1km_aandeelOranjeRood	X	X	X
VIND Rijstrookbreedte OF redresseerstrook_1km_aandeelOranjeRood	X	X	X
VIND Verhardingsbreedte_1km_aandeelRood	X	X	X
VIND Rijrichtingscheiding_1km_aandeelRood	X		
VIND Rijrichtingscheiding_1km_aandeelOranjeRood			X
VIND Type aansluiting_1km_aandeelOranjeRood	X	X	

Er zijn verschillende redenen om bepaalde wegkenmerken niet mee te nemen (in de gedifferentieerde risicocijfers) die resulteren uit de regressie-analyse en/of juist andere wegkenmerken mee te nemen:

- Als het risicocijfer per wegtype gebaseerd is op weinig ongevallen of een laag aantal voertuigkilometers.
- Effecten zijn niet aannemelijk of te onderbouwen vanuit verkeerskundig inzicht.
- Als een ander wegkenmerk een verklaarbaarder effect heeft op het risicocijfer. Dit wordt bepaald op basis van het verschil tussen verwachte effecten en werkelijke effecten.
- Als een variabele dat niet opgenomen is in de VIND een dominant effect heeft op verkeersveiligheid waardoor VIND aspecten minder of niet naar voren komen als kenmerken die verkeersveiligheid beïnvloeden. Daarnaast is zo'n variabele onmisbaar in het wegennet en moeilijk om infrastructureel aan te passen, zoals een turbulentiegebied dat een essentiële functie heeft in het wegennet.

Met de resterende wegkenmerken is een nieuwe ronde van regressie-analyses uitgevoerd (voor elk wegtype afzonderlijk). Hierbij is het bestand opgebouwd naar kilometerintervallen voor de periode 2016-2019. Deze periode is gekozen, omdat er een wisselende en lagere registratiegraad is voor wat betreft het aantal slachtofferongevallen tussen 2010 en 2014. Daarentegen kan met de ongevalsdata in de periode 2010-2014 waarbij onderscheid is gemaakt naar lichte gewonden en zwaarder letsel wel beter worden aangesloten op de beleidsdoelen m.b.t. MAIS2-gewonden. De VIND aspecten zijn beoordeeld op basis van de kwaliteit in 2018. Door de periode 2016-2019 te hanteren is dan ook de kwaliteit van de VIND aspecten actueel. Bijkomend voordeel hierbij is dat door een kleinere periode te hanteren er meer wegvakken kunnen worden meegenomen waarbij geen grootschalige infrastructurale wijzigingen hebben plaatsgevonden. Het nadeel van deze periode is wel dat er voor sommige selecties naar wegtype en onderverdeling naar aard en/of kwaliteit van wegkenmerken

mogelijk te weinig slachtofferongevallen overblijven om uitspraken te kunnen doen.

In de gekozen onderzoeksperiode speelt wel het registratieprobleem waarbij ongevalslocaties vaak zijn afgerond op de hele kilometer. Om deze reden zijn dan ook geaggregeerde intervallen van 1 kilometer gehanteerd. Het nadeel van kilometerintervallen is dat de kwaliteit van VIND aspecten zijn bepaald per 100 meter. Voor deze kilometerintervallen is een afgeleide waarde gehanteerd, namelijk het gemiddelde over 10 VIND wegvakken. Hiermee wordt de kwaliteit van wegkenmerken uitgedrukt in één waarde en variatie van wegkenmerken in kwaliteit binnen deze kilometer worden minder inzichtelijk gemaakt.

Kilometerintervallen zijn alleen meegenomen als er aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. Voor iedere kilometerinterval is (het meest voorkomende) wegtype en aantal rijstroken gehanteerd. De voorwaarde hierbij is dat het wegtype en aantal rijstroken voor minstens 50% van de kilometer geldt.
2. De weglengte van de kilometerintervallen verschillen soms bij het einde van wegen, hectosprongen en 'gaten' die veroorzaakt zijn door het wegfilteren van wegvakken waar in de onderzoeksperiode grootschalige infrastructurele wijzigingen plaatsvonden. Daarom wordt een minimum van 700 meter

gehanteerd om de verschillen in intervallengte te corrigeren. Door dit filter toe te passen hoeft in de regressie-analyse de onafhankelijke variabele lengte niet te worden meegenomen.

De regressie-analyse heeft geleid tot inzicht in de meest relevante wegkenmerken per wegtype. In tabel 11 zijn de resultaten opgenomen. Om gevoel te krijgen bij de relevantie van de wegkenmerken is de regressie-analyse niet alleen met slachtofferongevallen uitgevoerd, maar ook voor dodelijke ongevallen en alle ongevallen gezamenlijk. Voor dodelijke ongevallen is de periode 2010-2019 gehanteerd om met meer onderzoeksmassa te kunnen rekenen. De periode 2016-2019 is gebruikt voor slachtofferongevallen en alle ongevallen.

Hierbij vormt AADT log, de natuurlijke log van de gemiddelde etmaalintensiteit de basis voor de regressie-analyse. De verwachting is dat de bèta, ookwel parameter van de AADT log rond de 1 ligt waarbij een toe- of afname van etmaalintensiteit een zelfde verandering tot gevolg heeft voor het aantal ongevallen. Hierbij is de bandbreedte van 0,7 tot 1,3 gehanteerd. Als het model waarschuwingen afgeeft of de AADT log niet significant is ($P \geq 0,05$) dan is het nodig om het basisbestand of het model aan te passen. Hierdoor zijn het model en de bijbehorende resultaten niet bruikbaar.

Tabel 11 Weergave resultaten regressie-analyse op ingeperkte selectie wegkenmerken

Wegtype	Dodelijke ongevallen	Slachtofferongevallen	Alle ongevallen
ASW_2	Geen valide model	Geen valide model	AADT Log Turbulentiegebied (versimpeld) Aandeel Rustig (vkm) Aandeel Middeldruk (vkm) VIND Beminrichting_1km_aandeelRood VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood
ASW>=3	Geen valide model en AADT log is niet significant	AADT log	AADT Log Turbulentiegebied (versimpeld) Aandeel Middeldruk (vkm) VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood VIND Vluchtstrook_1km_aandeelRood
AW_2	Geen valide model en AADT log is niet significant	AADT Log Aandeel Rustig (vkm) VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood	AADT Log VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood VIND Rijstrookbreedte EN redresseerstrook_1km_aandeelOranjeRood
AW_1	Geen valide model	AADT Log Turbulentiegebied (versimpeld) VIND Rijrichtingscheiding_1km_aandeelRood	AADT Log Turbulentiegebied (versimpeld) Aandeel Rustig (vkm) Aandeel Middeldruk (vkm) VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood VIND Rijstrookbreedte EN redresseerstrook_1km_aandeelOranjeRood VIND Rijrichtingscheiding_1km_aandeelRood VIND Type aansluiting_1km_aandeelOranjeRood
Overig	AADT log is niet significant	AADT Log VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood	AADT Log Turbulentiegebied (versimpeld) VIND Rijsnelheid_1km_aandeelRood

Resultaten

Op basis van de regressie-analyse en expert judgement zijn conclusies getrokken over welke wegkenmerken per wegtype het meest relevant zijn om het aantal ongevallen in de toekomst te voorspellen. Tabel 12 toont per wegtype de wegkenmerken die het sterkst samenhangen met het aantal slachtofferongevallen en alle ongevallen waarbij alleen de meest verklaarbare wegkenmerken vanuit verkeerskundig opzicht zijn opgenomen.

Tabel 12. Meest verklarende wegkenmerken naar wegtype

Wegtype	Verklarende wegkenmerken
ASW-2	Intensiteit, Turbulentiegebied, Aandeel rustig, Berminrichting
ASW>=3	Intensiteit, Turbulentiegebied, Aandeel rustig, Vluchtstrook
AW-2	Intensiteit, Aandeel rustig, Rijstrookbreedte en redresseerstrook
AW-1	Intensiteit, Turbulentiegebied, Rijrichtingscheiding, Type aansluiting
OV-2	Intensiteit, Turbulentiegebied
OV-1	Intensiteit, Turbulentiegebied

Bijlage 3. Rekenregels VIND A- en N-wegen

d.d. 03-05-2019		Rekenregels VIND A-wegen						
Kolom	Aspect	Variabelen		Voorwaarde Groen	Voorwaarde Oranje	Voorwaarde Rood	Bronbestand	Opmerking
H	Berminrichting	Obstakelvrije zone	Maximum snelheid	Geen of afgeschermd obstakel	Op meer dan 13 (120 km/u) / 10 (100/80 km/u) meter een niet afgeschermd obstakel	Op minder dan 13 (120 km/u) / 10 (100/80 km/u) meter een niet afgeschermd obstakel	DTB	
I	Filetaartbeveiliging	Aanwezigheid AID	Intensiteit (spitsuur)	Capaciteit	Wel AID of geen AID & I/C verhouding lager dan 0,8	Geen AID & I/C verhouding hoger dan 0,8	Niet van toepassing	AID = WEGGEG Intensiteit = INWEVA 2019 Capaciteit = Handboek CIA
J	Verlichting	Aanwezigheid verlichting	Intensiteit (spitsuur)		Wel verlichting of een intensiteit van < 3000 mv/uur	Niet van toepassing	Geen verlichting & de rijbaan heeft een intensiteit van > 3000 mv/uur.	Verlichting = WEGGEG Intensiteit = INWEVA 2019
K	Stroefheid	Stroefheidsindex			> 0,02	Tussen 0,02 en -0,03	< -0,03	Bestand Stroefheid (NIS)
L	Rijsnelheid	Gereeden snelheid	Maximum snelheid		Overig	V85 > Vmax	V85 > V-verbalisatiegrens	Analyse v85 2020 d.d. 24 juli 202
M	Vluchtstrook	Aanwezigheid vluchtstrook			Vluchtstrook aanwezig	Vluchtstrook ontbreekt over 300 meter of korter	Vluchtstrook ontbreekt over meer dan 300m	WEGGEG
N	Invoegstrook	Invoegstrook-lengte	Maximum snelheid		Lengte invoegstrook voldoet aan ROA	Lengte invoegstrook voldoet niet aan ROA	Niet van toepassing	WEGGEG
O	Krappe bogen	Aanwezigheid krappe horizontale bogen			R > 750m	R < 750m, alle compenserende maatregelen	R < 750m, niet alle compenserende maatregelen	Bestand Inventarisatie krappe bogen

d.d. 03-05-2019		Rekenregels VIND N-wegen					
Kolom	Aspect	Variabelen (bronbestand)		Voorwaarde Groen	Voorwaarde Oranje	Voorwaarde Rood	Opmerking
Alle wegvakken met een snelheid lager dan 70 km/u worden aangeduid met de kleur blauw							
	Berminrichting	WEGGEG (snelheidslimiet), Bermenbestand (objectgegevens) & Bestand Boogstralen (km/u)	90 of 100 km/u	Obstakelvrije zone van min. 10 meter	Op 8-10 meter een star object of een diepe watergang / talud die niet goed is afgeschermd	Op minder dan 8 meter een star object of een diepe watergang / talud die niet goed is afgeschermd	
			70 of 80 km/u	Obstakelvrije zone van min. 6 meter	Op 4,5-6 meter een star object of een diepe watergang / talud die niet goed is afgeschermd	Op minder dan 4,5 meter een star object of een diepe watergang / talud die niet goed is afgeschermd	
	Redresseerstrook	WEGGEG (snelheidslimiet), Bermenbestand (redresseerstrookbreedte)	90 of 100 km/u	Tussen 60-110 cm aan beide kanten	Aan minimaal één kant meer dan 110 cm	Minder dan 60 cm aan beide kanten	Bij een fysieke rijbaanscheiding is de redresseerstrook aan beide zijden gecontroleerd, bij één rijbaan is er geen redresseerstrook links van de rijrichting.
			70 of 80 km/u	Tussen 30-60 cm aan beide kanten	Aan minimaal één kant meer dan 60 cm	Minder dan 30 cm aan beide kanten	
	Verlichting	WEGGEG (Verlichting, aansluitingstype)			Op kruispunt, aansluiting of krappe boog geen verlichting aanwezig		
	Stroefheid	Stroefheidsindex		> 0,02	Tussen 0,02 en -0,03	< -0,03	
	Rijsnelheid		100 km/u	V85 is 100 km/u of lager	V85 is 101 t/m 106 km/u	V85 is 107 km/u of hoger	
			90 km/u	V85 is 90 km/u of lager	V85 is 91 t/m 96 km/u	V85 is 97 km/u of hoger	
			80 km/u	V85 is 80 km/u of lager	V85 is 81 t/m 86 km/u	V85 is 87 km/u of hoger	
			70 km/u	V85 is 70 km/u of lager	V85 is 71 t/m 76 km/u	V85 is 77 km/u of hoger	
	Rijstrookbreedte	WEGGEG (snelheidslimiet), Bermenbestand (rijstrookbreedte, aantal rijstroken)	90 of 100 km/u (1 rijstrook)	Rijstrookbreedte tussen 3,00 m en 3,25 m	Rijstrookbreedte > 3,25 m	Rijstrookbreedte < 3,00 m	De rijstrookbreedte van alle rijstroken moet voldoen aan de voorwaarde (worst-case).
			90 of 100 km/u (2 rijstroken)	Rijstrookbreedte tussen 3,25 m en 3,50 m	Rijstrookbreedte > 3,50 m	Rijstrookbreedte < 3,25 m	De rijstrookbreedte van alle rijstroken moet voldoen aan de voorwaarde (worst-case).
			70 of 80 km/u	Rijstrookbreedte tussen 2,75 m en 3,00 m	Rijstrookbreedte > 3,00 m	Rijstrookbreedte < 2,75 m	De rijstrookbreedte van alle rijstroken moet voldoen aan de voorwaarde (worst-case).
	Fysieke rijbaanscheiding	WEGGEG (rijstrookbreedte, snelheidslimiet), Bermenbestand (breedte rijbaanscheiding) &	90 of 100 km/u (1 rijstrook)	Fysieke rijbaanscheiding	Dubbele as >=80cm volgens EHK	Geen dubbele as OF <80cm OF geen EHK	Met EHK wordt groene opvulling bedoeld
			90 of 100 km/u (2 rijstroken)	Fysieke rijbaanscheiding	Dubbele as >=80cm volgens EHK	enkele as OF < 80cm OF geen EHK	
			70 of 80 km/u				
	Verhardingsbreedte	WEGGEG (aantal rijstroken, snelheidslimiet), Bermenbestand (verhardingsbreedte)	90 of 100 km/u (1 rijstrook)			Verhardingsbreedte totaal < 4,60	
			90 of 100 km/u (2 rijstroken)			Verhardingsbreedte totaal < 8,25	
			70 of 80 km/u			Verhardingsbreedte totaal < 7,50	
	Type aansluiting	WEGGEG (type kruispunt & voorziening VRI)	90 of 100 km/u	Ongelijkvloers	Rotonde of VRI (400 meter aan beide zijde krijgen dezelfde score)	Voorrangregeling	
			70 of 80 km/u	Ongelijkvloers, rotonde of VRI			
	Horizontaal alignement & weginrichting	Boogstralen + Verkanting betand + handmatige inventarisatie	90 of 100 km/u		Krappe boog in doorgaande rijbaan (R<500) waar alle compenserende maatregelen zijn genomen	Krappe boog in doorgaande rijbaan (R<500) waar niet alle compenserende maatregelen zijn genomen (aanvullende analyse)	Zie apart overzicht krappe bogen
			70 of 80 km/u		Krappe boog in doorgaande rijbaan (R<300) waar alle compenserende maatregelen zijn genomen	Krappe boog in doorgaande rijbaan (R<300) waar niet alle compenserende maatregelen zijn genomen (aanvullende analyse)	Zie apart overzicht krappe bogen